

## Multi-purpose machine

Patent Number: US2004023600  
 Publication date: 2004-02-05  
 Inventor(s): HORSKY ANTON [DE]; SCHARPF PAUL DIETER [DE]; VOSS WOLF-DIETRICH [DE]  
 Applicant(s):  
 Requested Patent: DE10052443  
 Application Number: US20030381584 20030630  
 Priority Number(s): DE20001052443 20001023; WO2001EP12247 20011023  
 IPC Classification: B24B1/00  
 EC Classification: B24B5/42  
 Equivalents: EP1330338, JP2004512185T, WO0234466

### Abstract

The invention concerns a method and an apparatus in which crankshafts and similar components can be machined at the relevant machining locations (big-end bearing locations, main bearing locations, side cheek side surfaces, end journal/end flange) on one machine and thus with a low level of expenditure in terms of investment items and nonetheless overall in highly time-efficient manner, by mechanical material removal in one and the same machine, wherein in all machining steps the workpiece is gripped on the central axis and is drivable in rotation and the concentric rotationally symmetrical surfaces are machined by workpiece-based methods.

Data supplied from the **esp@cenet** database - I2

## Description

### I. FIELD OF USE

[0001] The invention concerns the machining of workpieces by means of material-removing, preferably mechanically material-removing, methods and apparatuses in that respect, wherein the workpieces include rotationally symmetrical surfaces which are arranged both concentrically and also eccentrically with respect to the central axis of the workpiece, and possibly end faces extending beyond same, which are to be machined.

### II. TECHNICAL BACKGROUND

[0002] A typical workpiece of that kind is crankshafts in which the peripheral surfaces of the main bearings represent the concentric rotationally symmetrical surfaces and the peripheral surfaces of the big-end bearings represent the eccentric rotationally symmetrical surfaces. In addition machining operations on the end journals or end flanges (of small or large outside diameter respectively) which are admittedly concentric but which represent the end region and thus the region for gripping the workpiece in chucks represent a difficulty, and similarly for machining side cheek side surfaces, which involves the removal of large amounts of material.

[0003] Crankshafts are typical representatives of workpieces which combine the following problems:

[0004] rotationally symmetrical workpiece surfaces which are positioned both concentrically and also eccentrically have to be machined,

[0005] in addition end faces have to be machined,

[0006] also the end regions of the workpiece, at which the workpiece is normally clamped in the chucks of the machine, also have to be machined, and they must be in conformity with the other regions of the workpiece in terms of roundness and central alignment, to a high degree, and

[0007] by virtue of its geometry the workpiece exhibits little resistance in relation to in particular radially applied machining forces.

[0008] The known range of material-removing machining methods is available for machining the individual surfaces, beginning with the chip-cutting machining methods whose tools have a geometrically defined cutting edge. Those methods can be divided into the following two groups:

[0009] workpiece-based methods, that is to say methods in which the desired cutting speed (relative speed between the surface of the workpiece and the cutting edge of the tool, which operates thereon) is achieved primarily by the rotational

speed of the workpiece: longitudinal turning, face turning, broaching, rotational broaching (the broaching cutting edges are arranged on the periphery of a round main tool body which rotates in the machining operation, but more slowly than the workpiece), turning rotational broaching (supplemental to the above-described rotational broaching, the main tool body also carries turning tools, in use of which the rotational broaching tool does not rotate but is displaced linearly in the X- or Z-direction with respect to the workpiece for longitudinal turning or face turning), finishing (grinding with a substantially stationary finishing tool; even finer grain size than grinding tools), and

[0010] tool-based methods in which therefore the cutting speed is produced primarily by the movement, in particular rotational movement, of the tool: orthogonal milling (a milling tool which is disposed with its axis of rotation perpendicular to the rotationally symmetrical surface to be machined machines that surface primarily with the end cutting edges on the face of the milling tool), external milling (a disk-shaped milling cutter whose axis of rotation is parallel to the axis of rotation of the workpiece primarily machines with the cutting edges arranged on its outside periphery, the corresponding peripheral surface of the workpiece), and external round grinding (instead of the above-described disk-shaped milling tool, a disk-shaped grinding disk is used in the same positioning with respect to the workpiece).

[0011] In that respect, the last-mentioned representatives in each of the two groups are already methods with a cutting edge which is geometrically not defined.

[0012] In addition there are also methods which remove material without a mechanically operable cutting edge, for example electro-erosion methods, material removal by means of laser and so forth, in which however only slight relative speeds between the tool and the workpiece are necessary and that relative speed can be afforded selectively by movement of the workpiece and/or movement of the tool.

[0013] For large-scale mass production of workpieces of that kind such as for example automobile crankshafts a machining time which is as short as possible-including set-up and dead times-for each crankshaft on the one hand and low tool and energy costs on the other hand are the crucial parameters, in dependence on the levels of surface quality (roundness, roughness depth and so forth) which can be achieved in that respect and which can govern the necessity for subsequent final machining steps such as grinding and/or finishing.

[0014] In that sense at the present time the machining methods which remove material by means of mechanical cutting are still to be preferred for large-scale mass production.

[0015] In that respect at the present time rotational broaching or turning-rotational broaching is in the forefront in regard to concentric rotationally symmetrical surfaces. At the present time external round milling is preferred in regard to the eccentric rotationally symmetrical surfaces, that is to say for example the big-end bearing locations. As the big-end bearing location rotates around the central axis of the workpiece during the machining procedure-so that it is possible to machine all peripheral points from one side-tracking of the corresponding tool, which is highly accurate in respect of time and geometry, is necessary at the same time. In order to be able to implement that, tool-based methods are preferred for machining those eccentric rotationally symmetrical surfaces. When using workpiece-based methods-in order to achieve a high cutting speed and thus efficient machining-the workpiece would rotate so fast that tracking adjustment of the tool would not be a viable option or the rotary speeds of the workpiece, which can be achieved in that way, and thus the cutting speeds, would not be competitive.

[0016] The methods which are preferred at the present time are generally used in succession on separate machines in large-scale mass production. In addition-mostly also on a separate machine or station in a production line-the end regions, in the case of a crankshaft therefore the end journals and the end flange, are firstly pre-machined separately at least at the periphery, optionally also at the end face, in order to afford defined clamping surfaces for the further machining procedure.

[0017] In accordance with the present application, in regard to the peripheral surfaces to be machined, reference is admittedly made only to rotationally symmetrical surfaces as that is by far the greatest proportion of machining situations involved. It will be appreciated that external round surfaces which are not rotationally symmetrical but convexly curved, such as for example the cams of camshafts, can also be similarly machined.

[0018] Occasionally consideration has also been given, for dealing with small numbers of items such as a pre-production design of crankshafts and so forth, for the machining of the concentric rotationally symmetrical surfaces to be effected by workpiece-based machining methods and for the machining of the eccentric rotationally symmetrical surfaces to be effected by tool-based machining methods on one machine, insofar as the two appropriate tool units are both present there. In that respect the extremely different rotary speed ranges to be implemented for the workpiece drive represented the one major problem and machining of the end regions of the crankshaft represented the other major problem.

### III. STATEMENT OF THE INVENTION

[0019] a) Technical Object

[0020] Therefore the object of the present invention is to provide a method and an apparatus with which crankshafts and similar components can be machined at the relevant machining locations (big-end bearing locations, main bearing locations, side cheek side surfaces, end journal/end flange) on one machine and thus with a low level of expenditure in terms of investment items and nonetheless overall in a highly time-efficient manner.

[0021] b) Attainment of the Object

[0022] That object is attained by the features of claims 1 and 13. Advantageous embodiments are set forth in the appendant claims.

[0023] In this respect in all machining steps the workpiece is to be respectively clamped on the central axis and driven in rotation about that axis in order to avoid the use of mechanically highly involved and costly so-called cycle chucks which additionally severely limit the flexibility of a machine as they have to be matched to the dimensions of the crankshaft to be machined.

[0024] The use of workpiece-based methods for the concentric surfaces already affords in that situation a very short machining time, with at the same time very good surface quality.

[0025] Using the tool-based machining methods in relation to eccentric surfaces means that the speed of rotation of the workpiece can be kept so low that optimum tracking adjustment of the tool and thus optimum accuracy to size of those surfaces is still ensured.

[0026] In order to be able to achieve the possible maximum cutting speeds in the workpiece-based methods on the one hand and tool-based methods on the other hand, the workpiece which is supported in its end regions in spindles and which is drivable in rotation by means of chucks is selectively driven from both sides by way of different drives, wherein the one drive provides the highest possible rotary speeds for the workpiece-based machining methods which on the other hand require only low levels of torque, while the other drive admittedly only has to produce the low necessary workpiece speeds for tool-based machining methods, but with a high level of torque and while maintaining a defined rotational position for the workpiece, and thus also affording a positioning option in terms of the rotational position of the workpiece with respect to that spindle. Accordingly that slow drive is preferably provided with a self-locking action, embodied by means for example of a worm/worm wheel transmission. Both drives can be driven from separate motors (preferred) or from a common motor, but at least the self-locking slow drive train should be disconnectible, for example between the spindle and the self-locking location, or between the chuck and the spindle.

[0027] In order additionally to be able to machine end journals and an end flange, at least at the peripheral surfaces thereof, the spindles, besides a conventional clamping chuck, for example a three-jaw chuck, must also have a centering point, wherein the centering point and the jaws of the jaw chuck are displaceable relative to each other in the axial direction (the Z-direction), for example by using chucks with retractable clamping jaws. In that way, it is possible for a respective end region to be non-rotatably connected to the respective spindle by means of a chuck clamping action, while the other end region which is to be machined at the time is only supported by a centering point.

[0028] In that case the end region accommodated in the slow spindle can be driven at high speeds of rotation-by virtue of the drive by the fast spindle-and thus can be machined with the workpiece-based machining method also used for the central bearings, for example turning-rotational broaching.

[0029] Limitations in respect of efficiency are necessary only in the converse situation, that is to say when machining the end region which is accommodated in the fast spindle, generally being the end flange: in the machining procedure it is only held by a centering point while the workpiece is driven in rotation at the opposite side by the jaw chuck of the slow spindle.

[0030] Realistically there are only two possible ways of carrying out the machining procedure, by virtue of the slow speed of rotation of the workpiece:

[0031] Either machining by means of one of the workpiece-based methods, but, because of the low speed of rotation of the workpiece, at a very low cutting speed, with a corresponding limitation to cutting materials which are suitable for that purpose. In regard to turning, that is for example high speed steel (HSS).

[0032] As the other surfaces, for example the central bearings, which are machined by means of tool-based methods, even when using the turning procedure, have to be machined with tools comprising hard metal, cutting ceramic and similar high-efficiency materials, such HSS-cutting edges HSS-cutting edges additionally have to be provided on the corresponding main tool body, just because of that end flange machining procedure.

[0033] Cutting edges of hard metal or carbide metal or cutting ceramic would be damaged too quickly, at those low speeds of rotation of the workpiece.

[0034] The other possibility involves machining that end region in a similar manner to the low speed of workpiece rotation with tool-based methods, that is to say for example by means of external round milling. A disadvantage in this respect is the level of surface quality which can be achieved, that is slightly worse than in comparison with workpiece-based methods. As generally identical minimum requirements in regard to surface quality are made for all similar workpiece surfaces, for example all central bearing locations, this end flange machining operation under some circumstances does not achieve a quality aspect which can be achieved for all other central bearing locations, by virtue of the more appropriate machining method.

[0035] As, when machining at least one of the end regions (end journal/end flange), clamping of the workpiece by means of chucks is generally firstly necessary at the non-machined external periphery of the workpiece, at least that appropriate chuck must have compensating clamping jaws. Likewise it is necessary to provide at one of the spindles a means for fixing the rotational position of the workpiece with respect to one of the spindles, for example a stop for defining a rotational position or aligning jaws in the corresponding jaw-type chuck.

[0036] Since, as described above, methods and machines of this kind serve primarily for producing crankshafts or similar workpieces in small numbers, frequently only in the form of individual items, the external round milling cutters are selected to be relatively narrow so that they can be used for all crankshafts to be produced. Then however-after machining of a first axial region on a big-end bearing by means of external round milling cutters axial displacement of the milling cutter-whether continuous or stepwise is appropriately necessary until the entire bearing width has been machined.

[0037] For that purpose on the one hand the milling cutter must be displaceable in the Z-direction, that is to say the tool support must have a Z-carriage, and on the other hand the cutting edges of the milling cutter must be provided not only on the outside periphery thereof but also in the outer edge region of the end face in order also to be able to cut at the end face, with a continuous feed in the Z-direction. Otherwise the only possible form of cutting is machining in an axially portion-wise manner by means of plunge-cutting and peripheral machining.

[0038] If it is exclusively the machining of individual items that is intended or if the machining time plays only a highly subordinate part, it is possible to deviate from the above-described idea for attaining the object of the invention, in that the eccentric rotationally symmetrical surfaces are machined with a workpiece-based machining method such as for example turning, in spite of the drive afforded during machining thereof, by way of the slow spindle drive. As described hereinbefore in regard to machining of the end region which is accommodated in the fast spindle chuck but which can be only slowly driven, that overall very greatly increases the machining time for the big-end bearings and thus the crankshaft and in addition cutting materials which are suitable for that low cutting speed such as for example HSS-cutting edges must be used.

[0039] The advantage of such a procedure however, viewed from the mechanical engineering point of view, is that the same machining method is used for big-end and main bearings, even if at greatly different cutting speeds, and consequently with the necessity for different cutting materials. Those cutting edges which consist of different material can either consist, as described above, of two separate tool units, more specifically for example cutting edges of ceramic cutting materials on a main tool body and HSS-cutting edges on the other main tool body. Both tool systems however require the same possible movements (besides displacement in the X- and Z-direction, either a pivotal movement about the C2-axis or displacement in the Y-direction) and consequently can be of an identical structure and can be equipped with an identical control system, which reduces costs.

[0040] When considered one step further-as the workpiece-based methods exclusively involve machining methods in which the tool does not necessarily have to rotate through a full 360[deg.]-cutting edges of both kinds of cutting material can be arranged at the same time on the same, for example disk-shaped, main tool body, so that overall only one single tool unit would be necessary on the machine.

[0041] The above-mentioned high and low speeds of workpiece rotation and cutting speeds or torques, in regard to the drive for the workpiece, are intended to denote approximately the following ranges of values:

[0042] High speeds of workpiece rotation of between 40 rpm and 1600 rpm, in particular between 200 rpm and 800 rpm, low speeds of workpiece rotation of between 0 rpm and 40 rpm, in particular between 20 rpm and 40 rpm, high torques of the workpiece drive of between 600 Nm and 3,000 Nm, in particular between 2,000 Nm and 2,500 Nm, low levels of torque of the workpiece drive of between 200 Nm and 600 Nm, in particular between 300 Nm and 550 Nm, and cutting speeds of between 150 m/s and 700 m/s, in particular between 180 m/s and 250 m/s.

[0043] A detail problem represents the undercuts which are frequently required in relation to crankshaft bearing locations at the edge of the bearing location, which are easy to produce by means of turning in relation to central bearing locations, but which cannot be produced when machining the big-end bearings by means of a tool-based method. For that case, after machining of the peripheral surface of such a big-end bearing, the corresponding undercuts have to be produced by means of turning. As in that case the big-end bearing location rotates eccentrically about the central axis of the workpiece, that rotary cutting edge must perform a tracking action as the workpiece rotates and by virtue thereof the workpiece can only be driven at the low speed of rotation. Accordingly here too cutting means of suitable cutting materials such as for example HSS are required.

[0044] c) Embodiments

[0045] An embodiment according to the invention is described in greater detail by way of example hereinafter. In the drawing:

[0046] FIG. 1a shows a front view of a machine according to the invention,

[0047] FIG. 1b shows a front view of another machine according to the invention,

[0048] FIG. 2a shows a side view from the left of the machine of FIG. 1a,

[0049] FIG. 2b shows a side view of another configuration of the machine,

[0050] FIG. 3a shows a partial section on an enlarged scale of the left-hand spindle region of the machine shown in FIG. 1a,

[0051] FIG. 3b shows a partial section on an enlarged scale of the right-hand spindle region of the machine shown in FIG. 1a,

[0052] FIG. 4 show views illustrating the principle involved with a left-side drive for the workpiece,

[0053] FIG. 5 show views illustrating the principle involved with a right-side drive for the workpiece, and

[0054] FIG. 6 is a view in section taken along line VI-VI in FIG. 1.

[0055] FIG. 1a shows a machine tool which accommodates drivably in rotation at its end region and machines a workpiece, for example the illustrated crankshaft 1 which includes both concentric surfaces 2, for example main bearing locations, and also eccentric surfaces 3, for example big-end bearing locations.

[0056] In this case the axial end regions of the workpiece are received in the receiving devices of two oppositely directed, mutually aligned spindles 15, 16. The receiving devices used are both jaw chucks 20 and 21 respectively and also

centering points 22, 23 which are arranged at each of the spindles 15, 16.

[0057] The spindles 15, 16 are arranged on the bed 14 of the machine, like the tool supports 12, 13 which each carry a respective tool unit which is drivable in rotation about an axis (C2-axis) which is parallel to the axis of rotation (Z-axis) of the workpiece.

[0058] In addition the tool supports 12, 13 are displaceable in a defined fashion in the X-direction, that is to say transversely with respect to the axial Z-direction, on the respective Z-carriages 26, 27 which are displaceable in the Z-direction. The Z-carriages are displaceable along the Z-guides 33. The tool units are generally disk-shaped main tool bodies, wherein the main tool body 18 of the one tool support 20 is occupied in the outer peripheral edge by cutting edges which can be used for a workpiece-based method, for example with turning cutting or turning-rotational broaching cutting.

[0059] Accordingly that main tool body 18 does not necessarily have to be rotated definedly over a full 360[deg.], but pivotal movement through smaller angular ranges around the C2-axis is already sufficient. It is however necessary for the main tool body 18 to occupy a defined rotational position. Accordingly that main tool body 18 is illustrated when machining a concentric rotationally symmetrical surface 2, namely a central bearing.

[0060] In contrast thereto, the other main tool body 19 is provided with cutting edges for a tool-based method, for example with milling cutting edges, at its outer peripheral region, which accordingly are distributed preferably over the entire periphery of the disk-shaped main body 19, in particular being distributed uniformly. The main tool body 19 of that tool-based method must accordingly be drivable in rotation over more than 360[deg.], in particular over any number of revolutions.

[0061] The Z-guides 33 are of such a length that both main tool bodies 18, 19 can reach any axial position on the workpiece in the Z-direction, in particular also the end regions, more specifically the end journal 5 shown at the right-hand end of the crankshaft in FIG. 1a and the end flange 6 shown at the left-hand end of the crankshaft 1 which is of a larger outside diameter than the end journal 5.

[0062] As in particular the detail view of the left-hand receiving region in FIG. 1a on an enlarged scale shows, the crankshaft is held and driven in rotation during the machining operation preferably at both ends in the respective jaw chucks 20, 21, that is to say by means of radially gripping clamping jaws 20a, 20b, . . . , 21a, 21b . . . .

[0063] It is only if the peripheral regions necessary for application of the clamping jaws and the end faces of the crankshaft are being machined that the clamping action applied by means of clamping jaws is released at the respective end, and the crankshaft is held at that end exclusively by means of a centering point 22, 23, engaging in a corresponding centering bore in the crankshaft. At the same time the clamping jaws at that end are axially withdrawn in the Z-direction with respect to the centering point so that the tool in question can act on the end face, for example 5a, or the peripheral surface of the end flange or end journal.

[0064] In that respect preferably the entire spindle stock in which one of the spindles, for example the spindle 16, is mounted, is definedly displaceable in the Z-direction with respect to the bed 14 of the machine. That makes it possible to machine workpieces of different lengths, and also makes it easier to load and unload the machine with workpieces.

Whether, in the axial relative movement of the jaws of a jaw-type chuck with respect to the centering point arranged on the same spindle in the Z-direction; the jaws are movable with respect to the jaw-type chuck or the centering point is movable relative to the clamping chuck or the spindle, is not critical, in which respect in a practical context displacement of the centering point 22, 23 in the Z-direction with respect to the associated jaw chuck and the associated spindle is preferred, as is shown by way of example in FIGS. 3a and 3b separately for the left-hand and the right-hand sides of the machine. It is further immaterial whether, when the workpiece is clamped in the jaw-type chuck on the same side, the clamping action by the centering point is additionally maintained at the same side.

[0065] FIG. 1b shows a machine tool which differs from the structure shown in FIG. 1a in that the tool support 13 with the associated main tool body 19 which carries the cutting edges for the tool-based method or methods is omitted.

[0066] FIG. 2a shows the machine of FIG. 1a from the left-hand side in section taken along line IIa-IIa. It can be seen in this respect that the spindle stock carrying the spindle 16 is disposed displaceably in the Z-direction over the trough configuration of a trough-shaped bed 14. The tool support 13 which carries the main tool body 19 drivably in rotation and which is in the form of an X-carriage is in turn guided on a Z-carriage displaceably in the X-direction, wherein the X-direction in this case is inclined directed obliquely downwardly at an angle of between 60 and 80[deg.] with respect to the horizontal.

[0067] The guide plane of the Z-carriage 27 with respect to the bed 14 is also not horizontal or vertical, but inclined at an angle of between about 40 and 50[deg.] with respect to the horizontal.

[0068] FIG. 2b in contrast shows a bed construction with a bed 14' which is of a symmetrical configuration with respect to the Z-direction, that is to say on two mutually oppositely and inclinedly arranged guide surfaces it carries a respective Z-carriage 26', 27' which each in turn carry a tool support 12', 13' with corresponding main tool bodies 18', 19', the tool supports being displaceable in the X1-direction and the X2-direction respectively which diverge upwardly in a V-shape.

[0069] FIGS. 3a and 3b show the left-hand and right-hand spindle stocks of the machine.

[0070] In this case the respective spindle 15 or 16 respectively is rotatably mounted and axially fixedly positioned in the spindle stock which is not identified in greater detail here. The jaw chuck 20 and 21 respectively with the clamping jaws 20a, . . . , 21a, . . . is carried on the front end of the spindle connected non-rotatably to the latter.

[0071] Both the spindle 15 and 16 respectively and also the jaw chuck 20 and 21 respectively are of a hollow configuration

therethrough in the center in the Z-direction and supported in that hollow space is the centering point 22 and 23 respectively which can also be positioned to project forwardly out of the jaw chuck 20 and 21 respectively.

[0072] The centering point is mounted rotatably with respect to the spindle and the jaw-type chuck and displaceably in respect of axial position.

[0073] As will also be described with reference to FIGS. 4 and 5 for the machining operation, under some circumstances, it is necessary to be able to fix the Z-position of the centering pint 22, 23, in spite of free rotatability about the Z-axis. In the structures shown in FIGS. 3a and 3b, that is achieved by means of a centering abutment 34 and 35 respectively which is displaceable in the interior of the spindle 15 in the Z-direction and which in particular can be screwed with respect to the inside diameter of the spindle 15 by means of a screwthread and which is connected by way of an undercut configuration to the rear end of the centering point 22, 23 and which can thus both push and also pull the centering point. In that case the arrangement must afford relative rotatability between the centering point 22, 23 and the centering abutment 34, 35.

[0074] FIG. 3a-like FIG. 1-shows the workpiece, namely the crankshaft 1, with the end flange 6 at the left-hand end and the end journal 5 at the right-hand.

[0075] In this case the crankshaft 1 is held on the left-hand side insofar as there the clamping jaws 20a, 20b, . . . of the jaw chuck 20 bear against the outside periphery of the end flange 6 and clamp same, the centering point 22 additionally engaging into the corresponding centering bore 36. On the right-hand side in contrast the crankshaft is held exclusively by means of the centering point 23 which engages into the centering bore 37 and which accordingly projects further with respect to the associated jaws 21a, 21b, . . . of the jaw chuck 21.

[0076] In this case also the Z-position of the centering point 23-similarly to the other centering point 22-is fixed by means of a fixing abutment 35 fixable in the axial position, insofar as for example the screwthread between the centering abutment 34/35 and the surrounding spindle 15, 16 is of a self-locking nature.

[0077] The two spindle sides also fundamentally differ in regard to the alternate drives:

[0078] The one spindle 15, for example the left-hand spindle, is drivable at high speeds of rotation by means of a motor M which is mounted to the spindle stock and drives the spindle 15 in rotation about the Z-axis for example by way of a belt drive and associated belt pulleys 28, 29.

[0079] The other spindle 16, for example the right-hand spindle, is in contrast drivable in rotation slowly by means of a further motor (not shown) by way of a set of gears, insofar as the worm gear 38 is nonrotatably connected to the spindle 16 while the motor (not shown) drives the worm 39. That drive train can be disconnected, for example by bringing the worm 39 and the worm wheel 38 out of engagement, or by means of disconnection of a clutch (not shown) in that drive train.

[0080] FIGS. 4 and 5 show typical clamping situations for the workpiece, for example a crankshaft 1, when machining the different regions of the workpiece.

[0081] As the machine/method according to the invention is not designed for the highest possible level of machining efficiency but for complete machining of concentric and eccentric surfaces and end faces on the same machine, then for example when dealing with crankshafts preferably the end regions of the crankshaft are also to be machined in order very substantially to avoid preliminary machining-except for producing centering bores for the centering tips. In that case the peripheral surfaces of the end flange 6 and the end journals 5 which are to be engaged by the clamping jaws of the jaw chuck are preferably machined first and-if necessary and desired-also the respective end faces 5a and 6a are machined.

[0082] When machining the end regions of a workpiece the end region to be machined is preferably held exclusively by means of a centering point while the drive is effected from the other end of the workpiece by way of the spindle there, in order to permit accessibility for the corresponding tool in the end region.

[0083] FIGS. 4a-4d show situations in which the crankshaft is clamped and driven in rotation at the left-hand end by means of the jaws 20a, 20b, . . . of the chuck 20, at the periphery of the left-hand end region, that is to say for example the end flange 6 there. In the arrangement shown in FIG. 3a, 3b that is the spindle 15 which is drivable fast.

[0084] In this respect the other right-hand end of the workpiece must be freely rotatable as, by means of the slow rotary drive at the right-hand end for the right-hand spindle 16, synchronous drive at an also high rotary speed is not possible.

[0085] That is achieved in that-as shown in FIGS. 4a-4d-the right-hand end of the workpiece is held by only the right centering point 23 fitting in the corresponding right-hand centering bore 37 in the workpiece, and the right centering spindle 23 being freely rotatable with respect to the right workpiece spindle 16 and the right drive train.

[0086] The other possibility involves admittedly clamping the right-hand end of the crankshaft, that is to say the end towards the slow spindle drive, in the jaw-type chuck there, but uncoupling the drive train of the right-hand chuck, for example by disengagement of the worm 39 from the worm gear 38 of the drive train, as shown in FIG. 4e.

[0087] By virtue of the clamping configurations as shown in FIG. 4 the workpiece can be driven at a high speed of rotation and thus all concentric machining surfaces can be machined on the workpiece by means of a workpiece-based machining method such as for example turning, rotational broaching or turning-rotational broaching. That also involves the end journal 5 arranged on the right-hand side and the end face 5a thereof which can be machined to close to the right-hand centering point 23 which is in engagement.

[0088] In that situation the workpiece also has to be disposed in a defined Z-position.

[0089] As shown in FIG. 4a, for that purpose the right-hand centering tip together with the workpiece can be displaced towards the left until the right-hand centering point 23 reaches a centering abutment 35', for example in the form of the

centering abutment 35 shown in FIG. 3. In that case the force  $F_2$  which acts from right to left and to which the right-hand centering point 23 is subjected must be greater than the oppositely directed force  $F_1$  to which the left-hand centering point 22 is subjected.

[0090] The same also applies in the case shown in FIG. 4d, but therein, in the region of the left-hand chuck, there is a workpiece abutment 45' by which the workpiece is pressed with the left-hand end face 6a against that workpiece abutment 45'.

[0091] If in contrast the force  $F_1$  to which the left-hand centering point 22 is subjected is greater than the force acting from right to left of the right-hand centering point 23, then as shown in FIG. 4b there must be a workpiece abutment 44' at the right-hand side in the region of the right-hand spindle 16. In that case at the same time the right-hand centering point 23 must remain axially fixed in the right-hand centering bore 37 of the workpiece, that is to say it must be possible to fix the Z-position of the right-hand centering point 23 without impeding rotatability of the centering point.

[0092] FIG. 4c differs from the structure shown in FIG. 4b in that-with the same relationship of left to right force in respect of the two centering points-the left-hand centering point which is subjected to the higher force is pressed against a long-side centering abutment 34'. As in the case of the structure shown in FIG. 4b-that too must happen before the jaws 20a, 10b of the left-hand jaw chuck 20 are closed.

[0093] FIG. 5 in contrast shows the drive for the crankshaft from the right-hand side, that is to say by way of the slow drive train. Therefore in FIG. 5 the right-hand end, for example the end journal 5, of the crankshaft 1 is gripped at the periphery by the jaws 21a, 21b of the right-hand chuck 21 which is drivable in rotation slowly by the associated spindle 16.

[0094] With this kind of drive the eccentric surfaces, peripheral surfaces as well as end faces of the workpiece are machined by means of a tool-based method, in which case the tool must be caused to perform tracking adjustment in the X-direction, as described with reference to FIG. 6. In that respect the opposite left-hand end of the workpiece-as shown in FIGS. 5a and 5b-is also accommodated between the jaws 20a, 10b, of the chuck 20 there, as the drive train on the left-hand side is not self-locking and is also driven in an idle rotational mode from the right-hand drive train, by way of the workpiece. That does not in any way result in unwanted twisting of the workpiece, but rather the idly rotating drive train at the left-hand side, which is connected to the workpiece, serves for dynamic damping of the workpiece during the machining operation. This is advantageous as the tool-based methods which are used here such as for example milling, because of the interrupted cutting action, involve a greater dynamic loading on the workpiece than the tool-based methods.

[0095] In addition the left-hand centering point 22 can remain in engagement on the workpiece, on the left-hand side.

[0096] It is also possible for the left-hand side of the workpiece to be carried exclusively by means of the left-hand centering point 22.

[0097] In order in this case also to hold the workpiece in a defined Z-position, either (FIG. 5a) the right-hand centering tip 23 can be moved against a centering abutment 35' at the right-hand side, in which case then-similarly to FIG. 4a-the force  $F_2$  acting from right to left on the workpiece by means of the right-hand centering point must be greater than the oppositely acting force  $F_1$  of the left-hand centering point or left-hand chuck.

[0098] The other possibility, as shown in FIG. 5b, involves making the force  $F_1$  acting from left to right on the crankshaft in the Z-direction by means of the left-hand centering point 22 or the left-hand chuck 20 greater than the oppositely directed force  $F_2$  and thereby pressing the workpiece against a workpiece abutment 44' at the right-hand side.

[0099] In that case-as shown in FIG. 5c-the workpiece can also be held at the left only by the centering point so that the jaws of the chuck are there lifted away from the workpiece.

[0100] FIG. 6 shows the operation of machining a big-end bearing H1 of the crankshaft which is clamped and driven in rotation on the center bearing ML. It can be seen therefrom that, upon rotation of the crankshaft about the Z-direction, displacement of the big-end bearing journal H1 to be machined, in the X-direction, must be compensated by suitable tracking adjustment of the machining tool, for example the rotating main tool body 18, to the same amount in a similar direction. It will further be clear therefrom that the diameter of the main tool bodies must be selected to be sufficiently large that, at the furthest remote position of such an eccentric workpiece surface from the axis of rotation C2 of the main tool body, a machining operation is still to be guaranteed.

[0101] FIG. 6 also shows the end journal 5 accommodated between the jaws 21a, 21b, 21c of the chuck 21, as well as fixing of the rotational position of the crankshaft with respect to the chuck, by a push rod 31 pressing eccentrically and transversely with respect to the Z-direction against one of the other big-end bearing journals, for example H3, in order to press it against a rotational position abutment 32, in which respect the abutment 32 and the push rod 31 are non-rotatably connected to the chuck and the spindle respectively.

#### LIST OF REFERENCES

- 1crankshaft
- 2concentric surface
- 3eccentric surface
- 4side cheek surface
- 5end journal
- 5aend face
- 6end flange



6aend face  
 7big-end bearing  
 8main bearing  
 10Z-direction (axial direction)  
 11machine  
 12tool support  
 13tool support  
 14bed  
 15spindles  
 16spindles  
 17motor  
 18main tool body  
 19main tool body  
 20jaw-type chuck  
 20a, 20bjaw  
 21jaw  
 22centering point  
 23centering point  
 24longitudinal abutment  
 25longitudinal abutment  
 26Z-carriage  
 27Z-carriage  
 28belt pulley  
 29belt pulley  
 30end portion  
 31push rod  
 32rotational position abutment  
 33Z-guides  
 34centering abutment35centering abutment  
 36centering bore  
 37centering bore  
 38worm gear  
 39worm  
 44\*workpiece abutment  
 45\*workpiece abutment

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - l2

## Claims

1. A method of machining both the concentric (2) and also the eccentric, rotationally symmetrical surfaces (3) of workpieces, in particular crankshafts (1), by mechanical material removal in one and the same machine (11), characterised in that the workpiece is clamped and drivable in rotation in all machining steps on the central axis, and the concentric rotationally symmetrical surfaces (2) are machined by workpiece-based methods.
2. A method as set forth in claim 1 characterised in that when machining the eccentric rotationally symmetrical surfaces (3) the machining operation is effected by tool-based methods.
3. A method as set forth in one of the preceding claims characterised in that the eccentric rotationally symmetrical workpiece surfaces (3) are machined by means of workpiece-based methods but at speeds of workpiece rotation which are lower by at least a factor of 10 than when using tool-based methods.
4. A method as set forth in one of the preceding claims characterised in that the workpiece is drivable from one end at high speeds of rotation and from the other end at low speeds of rotation and maintaining defined rotational positions.
5. A method as set forth in one of the preceding claims characterised in that the end journals of the workpiece are also machined.
6. A method as set forth in one of the preceding claims characterised in that when machining the end portions the one end portion is machined at a high speed of rotation of the workpiece and by means of a workpiecebased method and the other



end portion is machined at a speed of workpiece rotation lower by at least a factor of 10 by means of a drive from the end of the workpiece drivable at a low speed of rotation.

7. A method as set forth in one of the preceding claims characterised in that the one end portion is an end journal and the other end portion is an end flange of an outside diameter substantially larger than the end journal, in particular in the case of a crankshaft (1) as a workpiece, and the workpiece is drivable at a high speed of rotation from the side, in particular the end flange (6).

8. A method as set forth in one of the preceding claims characterised in that machining of the end portions is effected as early as possible, in particular prior to the other concentric rotationally symmetrical surfaces, and from machining of the end portions the peripheral surface of at least one of the end portions is used for clamping and/or driving purposes, in particular by means of jaw-type chucks.

9. A method as set forth in one of the preceding claims characterised in that the eccentric rotationally symmetrical surfaces (3), in particular the big-end bearings (7) of a crankshaft (1), are machined prior to the concentric rotationally symmetrical surfaces (2)-except the end regions-, in particular the main bearings (8) of a crankshaft (1).

10. A method as set forth in one of the preceding claims characterised in that the high speeds of rotation of the workpiece during the machining operation are speeds of rotation of between 40 rpm and 1600 rpm, in particular between 200 rpm and 800 rpm, and low speeds of rotation of the workpiece are between 0 rpm and 40 rpm, in particular between 20 rpm and 40 rpm.

11. A method as set forth in one of the preceding claims characterised in that the high drive torque for the workpiece during the machining operation is drive torques of between 600 N\*m and 3000 N\*m, in particular between 2000 N\*m and 2500 N\*m and the low drive torque for the workpiece is drive torques of between 200 N\*m and 600 N\*m, in particular 300 N\*m and 550 N\*m.

12. A method as set forth in one of the preceding claims characterised in that the cutting speeds are in the range of between 150 m/s and 700 m/s, in particular between 180 m/s and 250 m/s.

13. A machine (11) for machining both the concentric (2) and also the eccentric, rotationally symmetrical surfaces (3) of workpieces, in particular crankshafts (1), by mechanical material removal, comprising a bed (14),

two oppositely directed, rotationally drivable spindles (15, 16) for receiving and driving the ends of the workpiece, in particular a crankshaft (1), about the longitudinal direction (10), the Z-axis, and

at least one tool support (12, 13) which is definedly displaceable at least in the X-direction,

characterised in that

the one spindle (15) is drivable at a high speed of rotation and the other spindle (16) is drivable at a low speed of rotation and is capable of moving to defined rotational positions (C'-axis), and

at least one of the spindles (15, 16) has a rotational position-directing device for the workpiece.

14. A machine as set forth in claim 13 characterised in that the tool support (12, 13), in addition to displaceability in the X-direction, has either displaceability in the Y-direction or the possibility of pivotal movement about the Z-direction (C2-axis).

15. A machine as set forth in one of the preceding apparatus claims characterised in that the rotational drive for the slower spindle (16) is a self-locking rotational drive and in particular has a worm/worm gear pairing.

16. A machine as set forth in one of the preceding apparatus claims characterised in that the machine (2) has tool supports (12, 13) of which one carries a tool for workpiece-based machining methods, in particular a turning tool, a broaching tool, a rotational broaching tool, a turning-rotational broaching tool or a finishing tool, and the other carries at least one tool for a tool-based machining method, in particular an orthogonal milling cutter or an externally toothed milling cutter.

17. A machine as set forth in one of the preceding apparatus claims characterised in that the drives of the spindles (15, 16) are uncoupleable.

18. A machine as set forth in one of the preceding apparatus claims characterised in that the spindles (15, 16) are driven from the same motor (17).

19. A machine as set forth in one of the preceding apparatus claims characterised in that the tools are arranged on at least

one disk-shaped main tool body (18, 19) at the external periphery and in particular the tools for tool-based methods are arranged distributed over the entire periphery of the main body (18, 19).

20. A machine as set forth in one of the preceding apparatus claims characterised in that the machine is provided with tools of different materials, in particular materials which are intended for high cutting speeds, in particular above 180 m/s on the one hand and low cutting speeds, in particular a maximum of 180 m/s on the other hand, in particular with hard metal or carbide metal or ceramic cutting materials and high-speed steel (HSS), that is to say steel tools, on the other hand.

21. A machine as set forth in one of the preceding apparatus claims characterised in that the machine has only a single tool support (12) on which are arranged tools for high cutting speeds and tools for low cutting speeds, which however are all tools for workpiece-based machining methods.

22. A machine as set forth in one of the preceding apparatus claims characterised in that at least one of the spindles, in particular both spindles (15, 16), have on the one hand a chuck for clamping at the external periphery, in particular a jaw chuck (20) and (21) respectively, and on the other hand a centering point (22) and (23) respectively, in particular a centering point which is movable relative to the chuck in the Z-direction.

23. A machine as set forth in one of the preceding apparatus claims characterised in that the centering point (22, 23) is free-runningly rotatably supported.

24. A machine as set forth in one of the preceding apparatus claims characterised in that the centering point (22, 23) can be axially fixed in a defined Z-position with respect to the jaw chuck.

25. A machine as set forth in one of the preceding apparatus claims characterised in that at least one and in particular both spindles (15, 16) has a longitudinal abutment (24) or (25) respectively either for the Z-position of the centering point (22, 23) with respect to the jaw chuck (20, 21) or with respect to the spindle (15, 16) or a longitudinal abutment for the workpiece with respect to the jaw chuck (20, 21).

26. A machine as set forth in one of the preceding apparatus claims characterised in that the axial forces to which the centering points (22, 23) can be subjected are adjustable, in particular in respect of whether the respective axial force is greater or smaller than the axial force acting on the other centering point, for example (23).

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - I2



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

22 **Offenlegungsschrift**  
10 **DE 100 52 443 A 1**

51 Int. Cl. 7:  
**B 23 B 5/18**

21 Aktenzeichen: 100 52 443.5  
22 Anmeldetag: 23. 10. 2000  
43 Offenlegungstag: 8. 5. 2002

DE 100 52 443 A 1

71 Anmelder:  
Boehringer Werkzeugmaschinen GmbH, 73033  
Göppingen, DE

74 Vertreter:  
Hansmann & Vogeser, 81369 München

72 Erfinder:  
Horsky, Anton, 73117 Wangen, DE; Scharpf, Paul  
Dieter, 73114 Schlatt, DE; Voß, Wolf-Dietrich, 73087  
Boll, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Kombimaschine

51 Die Erfindung betrifft ein Verfahren sowie eine Vorrichtung, bei der Kurbelwellen und ähnliche Teile an den einschlägigen Bearbeitungsstellen (Hublagerstellen, Hauptlagerstellen, Wangenseitenflächen, Endzapfen/Endflansch) auf einer Maschine und damit mit geringem Aufwand an Investitionsgütern und dennoch insgesamt sehr zeiteffizient bearbeitet werden können, durch mechanischen Materialabtrag in ein- und derselben Maschine, wobei das Werkstück bei allen Bearbeitungsschritten auf der zentrischen Achse gespannt ist und drehend antreibbar ist und die zentrischen rotationssymmetrischen Flächen durch werkstück-basierte Verfahren bearbeitet werden.

DE 100 52 443 A 1

## Beschreibung

## I. Anwendungsgebiet

[0001] Die Erfindung betrifft die Bearbeitung von Werkstücken mittels materialabtragender, vorzugsweise mechanisch materialabtragender, Verfahren und diesbezüglicher Vorrichtungen, wobei die Werkstücke sowohl zentrisch als auch exzentrisch bezüglich der zentrischen Achse des Werkstückes angeordnete, rotationssymmetrische Flächen und ggf. darüber hinausgehend Stirnflächen umfasst, die bearbeitet werden sollen.

## II. Technischer Hintergrund

[0002] Ein typisches derartiges Werkstück sind Kurbelwellen, bei denen die Mantelflächen der Hauptlager die zentrischen rotationssymmetrischen Flächen darstellen und die Mantelflächen der Hublager die exzentrischen rotationssymmetrischen Flächen. Darüber hinaus stellen die Bearbeitungen der zwar zentrischen, jedoch den Endbereich und damit den zum Spannen in Futter verwendet Bereich darstellenden Endzapfen bzw. Endflansche (kleiner bzw. großer Außendurchmesser) eine Schwierigkeit dar, und die mit Abnahme großer Materialmengen verbundene Bearbeitung von Wangenseitenflächen.

[0003] Kurbelwellen sind typische Vertreter von Werkstücken, die folgende Probleme in sich vereinen:

Es sind sowohl zentrisch als auch exzentrisch positionierte, rotationssymmetrische Werkstückflächen zu bearbeiten,

- es sind zusätzlich Stirnflächen zu bearbeiten,
- es müssen auch die Endbereiche des Werkstückes, an denen normalerweise die Spannung in den Futter der Maschine erfolgt, bearbeitet werden, und diese müssen in hohem Maße hinsichtlich Rundheit und Mittenfluchtung mit den übrigen Bereichen des Werkstückes übereinstimmen,
- das Werkstück ist aufgrund seiner Geometrie wenig widerstandsfähig gegen vor allem radial aufgebrachte Bearbeitungskräfte.

[0004] Zur Bearbeitung der einzelnen Flächen steht die bekannte Palette von materialabtragenden Bearbeitungsverfahren zur Verfügung, beginnend mit den spanabhebenden Bearbeitungsverfahren, deren Werkzeuge über eine geometrisch definierte Schneide verfügen. Diese Verfahren lassen sich in die folgenden zwei Gruppen aufteilen:

- werkstückbasierte Verfahren, also Verfahren, bei denen die gewünschte Schnittgeschwindigkeit (Relativgeschwindigkeit zwischen Werkstückoberfläche und der daran arbeitenden Schneide des Werkzeuges) primär durch die Rotationsgeschwindigkeit des Werkstückes erreicht wird: Längsdrehen, Plandrehen, Räumen, Dreh-Räumen (die Räumschneiden sind auf dem Umfang eines runden Werkzeuggrundkörpers angeordnet, welches sich bei der Bearbeitung dreht, jedoch langsamer als das Werkstück), Dreh-Dreh-Räumen (in Ergänzung zum vorbeschriebenen Drehräumen befinden sich auf dem Werkzeuggrundkörper auch Drehwerkzeuge, bei deren Einsatz das Drehraumwerkzeug nicht rotiert, sondern linear in X- oder Z-Richtung bezüglich des Werkstückes zum Längs- bzw. Plandrehen verfahren wird), Finishen (Schleifen mit im wesentlichen stillstehendem Finish-Werkzeug; noch feinere Körnung als Schleifwerkzeuge) und
- werkzeug-basierte Verfahren, bei denen also die

Schnittgeschwindigkeit primär durch die Bewegung, insbesondere Rotation, des Werkzeuges erzielt wird: Orthogonalfräsen (ein Fräs Werkzeug, das mit seiner Rotationsachse lotrecht auf der zu bearbeitenden rotationssymmetrischen Fläche steht, bearbeitet diese primär mit den auf der Stirnfläche des Fräasers vorhandenen Stirnschneiden), Außenfräsen (ein scheibenförmiger Fräser, dessen Rotationsachse parallel zur Rotationsachse des Werkstückes liegt, arbeitet primär mit den auf seinem Außenumfang angeordneten Schneiden die entsprechende Mantelfläche des Werkstückes), Außenrundscheifen (anstelle des vorbeschriebenen scheibenförmigen Fräs Werkzeuges wird in gleicher Positionierung zum Werkstück eine scheibenförmige Schleifscheibe eingesetzt).

[0005] Dabei sind die jeweils letztgenannten Vertreter in beiden Gruppen bereits Verfahren mit geometrisch nicht definierter Schneide.

[0006] Hinzu kommen noch Verfahren, die Material abtragen ohne eine mechanisch wirkende Schneide, beispielsweise Elektroerosionsverfahren, Materialabtrag mittels Laser etc., bei denen jedoch nur geringe Relativgeschwindigkeiten zwischen Werkzeug und Werkstück notwendig sind, und diese Relativgeschwindigkeit wahlweise durch Bewegung des Werkstückes und/oder des Werkzeuges zur Verfügung gestellt werden kann.

[0007] Für die Großserienproduktion von derartigen Werkstücken wie etwa PKW-Kurbelwellen sind eine möglichst kurze Bearbeitungszeit - einschließlich Rüst- und Totzeiten - pro Kurbelwelle einerseits sowie niedrige Werkzeug- und Energiekosten andererseits die entscheidenden Parameter, abhängig von den dabei erzielbaren Oberflächenqualitäten (Rundheit, Rauhtiefe etc.), die die Notwendigkeit nachfolgender Endbearbeitungsschritte wie Schleifen und/oder Finishen bedingen können.

[0008] In diesem Sinne sind zur Zeit für die Großserienfertigung nach wie vor die mittels mechanischer Schneide abtragenden Bearbeitungsverfahren zu präferieren.

[0009] Dabei steht momentan bezüglich der zentrischen rotationssymmetrischen Flächen die Bearbeitung mittels Drehräumen oder Dreh-Drehräumen im Vordergrund. Hinsichtlich der exzentrischen rotationssymmetrischen Flächen, also beispielsweise den Hublagerstellen, wird derzeit das Außenrundfräsen bevorzugt. Da die Hublagerstelle während der Bearbeitung - damit alle Umfangspunkte von einer Seite aus bearbeitet werden können - um die zentrische Achse des Werkstückes rotiert, ist gleichzeitig eine zeitlich und geometrisch sehr genaue Nachführung des entsprechenden Werkzeuges notwendig. Um dies realisieren zu können, werden für die Bearbeitung dieser exzentrischen rotationssymmetrischen Flächen werkzeugbasierte Verfahren bevorzugt. Bei Einsatz werkstückbasierter Verfahren würde - zur Erzielung einer hohen Schnittgeschwindigkeit und damit einer effizienten Bearbeitung - das Werkstück so schnell rotieren, dass eine Nachführung des Werkzeuges nicht realisierbar wäre, beziehungsweise die so erreichbaren Drehzahlen des Werkstückes und damit Schnittgeschwindigkeiten wären nicht konkurrenzfähig.

[0010] Die derzeit bevorzugten Verfahren werden in der Großserienfertigung in der Regel auf getrennten Maschinen nacheinander eingesetzt. Zusätzlich werden - meist ebenfalls auf einer separaten Maschine bzw. Station einer Produktionslinie - vorher die Endbereiche, bei einer Kurbelwelle also Endzapfen und Endflansch, separat wenigstens am Umfang, eventuell auch an den endseitigen Stirnfläche, vorbearbeitet, um definierte Spannflächen für die weitere Bearbeitung zur Verfügung zu haben.

[0011] Im Sinne der vorliegenden Anmeldung wird bei den zu bearbeitenden Mantelflächen zwar nur von rotations-symmetrischen Flächen gesprochen, da dies der weitaus größte Anteil an Bearbeitungsfällen ist. Selbstverständlich können auch nicht rotationssymmetrische, jedoch konvex gekrümmte Außenrundflächen wie etwa die Nocken von Nockenwellen analog bearbeitet werden.

[0012] Gelegentlich wurde auch bereits angedacht, für kleine Stückzahlen, wie etwa Vorserienmodelle von Kurbelwellen etc. die Bearbeitung der zentrischen rotationssymmetrischen Flächen durch werkstück-basierte Bearbeitungsverfahren sowie die Bearbeitung der exzentrischen rotationssymmetrischen Flächen durch werkzeugbasierte Bearbeitungsverfahren auf einer Maschine durchzuführen, indem dort die beiden entsprechenden Werkzeugeinheiten beide vorhanden sind. Dabei stellten die extrem unterschiedlichen zu realisierenden Drehzahlbereiche des Werkstückantriebes das eine Hauptproblem dar, und die Bearbeitung der Endbereiche der Kurbelwelle das andere Hauptproblem.

## II. Darstellung der Erfindung

### a) Technische Aufgabe

[0013] Es ist daher die Aufgabe gemäß der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zu schaffen, bei der Kurbelwellen und ähnliche Teile an den einschlägigen Bearbeitungsstellen (Hublagerstellen, Hauptlagerstellen, Wangenseitenflächen, Endzapfen/Endflansch) auf einer Maschine und damit mit geringem Aufwand an Investitionsgütern und dennoch insgesamt sehr zeiteffizient bearbeitet werden können.

### b) Lösung der Aufgabe

[0014] Diese Aufgabe wird durch die Merkmale der Ansprüche 1 und 13 gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0015] Dabei soll das Werkstück bei allen Bearbeitungsschritten jeweils auf der zentrischen Achse gespannt und um diese Achse drehend angetrieben werden, um den Einsatz mechanisch sehr aufwendiger und teurer sogenannter Taktfutter zu vermeiden, die zusätzlich die Flexibilität einer Maschine stark einschränken, da sie auf die Abmessungen der zu bearbeitenden Kurbelwelle abgestellt sein müssen.

[0016] Durch Einsatz von werkstück-basierten Verfahren für die zentrischen Flächen wird dort bereits eine sehr kurze Bearbeitungszeit bei gleichzeitig sehr guter Oberflächenqualität erreicht.

[0017] Durch Einsatz der werkzeug-basierten Bearbeitungsverfahren bei exzentrischen Flächen kann die Drehzahl des Werkstückes so niedrig gehalten werden, dass noch eine optimale Nachführung des Werkzeuges und damit eine optimale Maßhaltigkeit dieser Flächen sichergestellt ist.

[0018] Um bei den werkstück-basierten Verfahren einerseits und werkzeug-basierten Verfahren andererseits die realisierbaren, maximalen Schnittgeschwindigkeiten erreichen zu können, wird das Werkstück, welches in seinen Endbereichen in Spindeln gelagert und mittels Futter drehend antreibbar ist, von den beiden Seiten her über unterschiedliche Antriebe wahlweise angetrieben, wobei der eine Antrieb die möglichst hohen Drehzahlen für die werkstückbasierten Bearbeitungsverfahren zur Verfügung stellt, die andererseits nur geringe Drehmomente erfordern, während der andere Antrieb zwar nur die geringen notwendigen Werkstückdrehzahlen für werkzeug-basierte Bearbeitungsverfahren aufbringen muss, jedoch bei hohem Drehmoment und Einhal-

tung definierter Drehlage des Werkstückes, somit auch einer Positioniermöglichkeit der Drehlage des Werkstückes gegenüber dieser Spindel. Entsprechend ist dieser langsame Antrieb vorzugsweise auch mit einer Selbsthemmung, realisiert mittels z. B. Schnecke/Schneckenradübersetzung, ausgestattet. Beide Antriebe können von separaten Motoren (bevorzugt) oder einem gemeinsamen Motor aus angetrieben werden, jedoch sollte wenigstens der selbsthemmende langsame Antriebsstrang z. B. zwischen der Spindel und der selbsthemmenden Stelle oder zwischen Futter und Spindel entkuppelbar sein.

[0019] Um zusätzlich auch Endzapfen und Endflansch, wenigstens deren Mantelflächen, bearbeiten zu können, müssen die Spindeln neben einem üblichen Spannfutter, etwa einem Dreibacken-Futter, auch eine Zentrierspitze aufweisen, wobei Zentrierspitze und die Backen des Backenfutters relativ zueinander in Axialrichtung (Z-Richtung) verfahrbar sind, beispielsweise durch Verwendung von Futter mit rückziehbaren Spannbacken. Auf diese Art und Weise ist es möglich, jeweils einen Endbereich drehfest mittels Futterspannung mit der jeweiligen Spindel zu verbinden, während der andere, momentan zu bearbeitende, Endbereich lediglich durch eine Zentrierspitze abgestützt ist.

[0020] Der in der langsamen Spindel aufgenommene Endbereich kann dabei – aufgrund Antrieb durch die schnelle Spindel – mit hohen Drehzahlen betrieben werden und damit mit dem auch für die Mittellager verwendeten werkstück-basierten Bearbeitungsverfahren, z. B. Dreh-Drehräumen, bearbeitet werden.

[0021] Einschränkungen hinsichtlich der Effizienz sind nur im umgekehrten Fall, also bei Bearbeitung des in der schnellen Spindel aufgenommenen Endbereiches, in der Regel dem Endflansch, notwendig: Dieser ist bei Bearbeitung nur durch eine Zentrierspitze gehalten, während das Werkstück auf der gegenüberliegenden Seite durch das Backenfutter der langsamen Spindel in Drehung versetzt wird.

[0022] Aufgrund der langsamen Drehzahl des Werkstückes stehen realistisch nur zwei Möglichkeiten der Bearbeitung zur Verfügung:

Entweder Bearbeiten mittels eines der werkstückbasierten Verfahren, wegen niedriger Werkstückdrehzahl jedoch bei sehr niedriger Schnittgeschwindigkeit, mit entsprechender Beschränkung auf hierfür geeignete Schneidstoffe. Beim Drehen ist dies beispielsweise Schnellarbeitsstahl (HSS).

[0023] Da die übrigen, mittels werkzeug-basierter Verfahren bearbeiteten Flächen, beispielsweise die Mittellager, selbst bei Anwendung des Drehens mit Werkzeugen aus Hartmetall, Schneidkeramik und ähnlichen Hochleistungswerkstoffen bearbeitet werden, müssen derartige HSS-Schneiden allein wegen dieser Endflansch-Bearbeitung zusätzlich auf dem entsprechenden Werkzeuggrundkörper vorgesehen werden.

[0024] Schneiden aus Hartmetall oder Schneidkeramik würden bei diesen niedrigen Drehzahlen des Werkstückes zu schnell beschädigt werden.

[0025] Die andere Möglichkeit besteht darin, analog der niedrigen Werkstückdrehzahl mit werkzeug-basierten Verfahren, also beispielsweise mittels Außenrundfräsen, diesen Endbereich zu bearbeiten. Nachteil ist dabei die gegenüber werkstückbasierten Verfahren geringfügig schlechtere erzielbare Oberflächenqualität. Da in der Regel für alle gleichartigen Werkstückoberflächen, beispielsweise alle zentrischen Lagerstellen, übereinstimmende Mindestanforderungen hinsichtlich der Oberflächenqualität gestellt werden, wird durch diese Endflanshbearbeitung unter Umständen eine Qualitätsvorgabe nicht erreicht, die für alle anderen Mittellagerstellen aufgrund des geeigneteren Bearbeitungsverfahrens erreichbar ist.

[0026] Da bei der Bearbeitung mindestens eines der Endbereiche (Endzapfen/Endflansch) eine Spannung mittels Futter in der Regel zunächst am unbearbeiteten Außenumfang des Werkstückes notwendig ist, muss wenigstens dieses entsprechende Futter ausgleichende Spannbacken aufweisen. Ebenso muss an einer der Spindeln eine Drehlagenfixierung des Werkstückes gegenüber einer der Spindeln vorhanden sein, beispielsweise ein Drehlagenanschlag oder Richtbacken im entsprechenden Backenfutter.

[0027] Da, wie vorbeschrieben, derartige Verfahren und Maschinen primär zur Herstellung von Kurbelwellen oder ähnlichen Werkstücken in geringen Stückzahlen, häufig nur in Einzelstücken, dienen, werden die Außenrundfräser relativ schmal gewählt, so dass sie für alle herzustellenden Kurbelwellen eingesetzt werden können. Entsprechend ist dann jedoch – nach der Bearbeitung eines ersten Axialbereiches an einem Hublager mittels Außenrundfräsen – eine Axialverfahung des Fräasers – sei es kontinuierlich oder schrittweise – notwendig, bis die gesamte Lagerbreite bearbeitet ist.

[0028] Zu diesem Zweck muss zum einen der Fräser in Z-Richtung verfahrbar sein, also der Werkzeugsupport über einen Z-Schlitten verfügen, und zum anderen müssen die Schneiden des Fräasers nicht nur auf dessen Außenumfang, sondern auch im äußeren Randbereich der Stirnfläche vorhanden sein, um bei kontinuierlicher Zustellung in Z-Richtung auch an der Stirnfläche schneiden zu können. Anderenfalls ist nur die axial abschnittsweise Bearbeitung über Einstecken und Umfangsbearbeitung möglich.

[0029] Sofern ausschließlich die Bearbeitung von Einzelstücken beabsichtigt ist bzw. die Bearbeitungsdauer nur eine sehr untergeordnete Rolle spielt, kann von dem vorbeschriebenen Lösungsgedanken dahingehend abgewichen werden, dass auch die exzentrischen rotationssymmetrischen Flächen und trotz Antriebes während ihrer Bearbeitung über den langsamen Spindeltrieb mit einem werkstückbasierten Bearbeitungsverfahren wie etwa dem Drehen bearbeitet werden. Wie zuvor hinsichtlich der Bearbeitung des im schnellen Spindelfutter aufgenommenen, jedoch nur langsam antreibbaren, Endbereiches beschrieben, erhöht sich dadurch die Bearbeitungszeit für die Hublager und damit der Kurbelwelle insgesamt sehr stark und zusätzlich müssen für diese niedrige Schnittgeschwindigkeit geeignete Schneidstoffe wie etwa HSS-Schneiden vorhanden sein.

[0030] Der Vorteil einer solchen Lösung liegt jedoch maschinentechnisch gesehen darin, dass für Hub- und Hauptlager das gleiche Bearbeitungsverfahren eingesetzt, wenn auch bei stark unterschiedlichen Schnittgeschwindigkeiten, und demzufolge mit der Notwendigkeit unterschiedlicher Schneidstoffe. Diese aus unterschiedlichem Material bestehenden Schneiden können entweder wie vorbeschrieben aus zwei getrennten Werkzeugeinheiten, nämlich z. B. Schneiden aus keramischen Schneidstoffen auf einem Werkzeuggrundkörper und HSS-Schneiden auf dem anderen Werkzeuggrundkörper, angeordnet sein. Beide Werkzeugsysteme benötigen jedoch die gleichen Bewegungsmöglichkeiten (neben Verfahren in der X- und Z-Richtung entweder ein Verschwenken um die C2-Achse oder ein Verfahren in Y-Richtung) und können demzufolge identisch aufgebaut und mit einer identischen Steuerung ausgerüstet sein, was die Kosten senkt.

[0031] Einen Schritt weiter betrachtet könnten – da es sich bei den werkstück-basierten Verfahren ausschließlich um Bearbeitungsverfahren handelt, bei denen das Werkzeug nicht zwingend um volle 360° rotieren muss – Schneiden aus beiden Schneidstoffarten gleichzeitig auf demselben, beispielsweise scheibenförmigen, Werkzeuggrundkörper angeordnet sein, so dass damit insgesamt nur eine einzige

Werkzeugeinheit an der Maschine notwendig wäre.

[0032] Unter den vorstehend erwähnten hohen und niedrigen Werkstückdrehzahlen bzw. Schnittgeschwindigkeiten bzw. Drehmomenten beim Antrieb des Werkstückes sind in etwa folgende Wertebereiche zu verstehen:

Hohe Werkstückdrehzahlen von 40 U/min bis 1.600 U/min, insbesondere von 200 U/min bis 800 U/min, niedrige Werkstückdrehzahlen von 0 U/min bis 40 U/min, insbesondere von 20 U/min bis 40 U/min, hohe Drehmomente des Werkstückantriebes von 600 Nm bis 3.000 Nm, insbesondere von 2.000 Nm bis 2.500 Nm, niedrige Drehmomente des Werkstückantriebes von 200 Nm bis 600 Nm, insbesondere von 300 Nm bis 550 m, Schnittgeschwindigkeiten von 150 m/s bis 700 m/s, insbesondere von 180 m/s bis 250 m/s.

[0033] Ein Detailproblem stellen die bei Kurbelwellen-Lagerstellen häufig notwendigen Hinterschnitte am Rand der Lagerstelle dar, die bei Mittellagerstellen mittels Drehen leicht herzustellen sind, bei einer Bearbeitung der Hublager mittels eines werkzeug-basierten Verfahrens jedoch nicht herstellbar sind. Für diesen Fall müssen nach Bearbeitung der Mantelfläche eines solchen Hublagers die entsprechenden Hinterschnitte mittels Drehen eingebracht werden. Da hierbei die Hublagerstelle exzentrisch um die zentrische Achse des Werkstückes rotiert, muss diese Drehschneide im Umlauf des Werkstückes nachgeführt werden, und aufgrund dessen kann das Werkstück nur mit der niedrigen Drehzahl angetrieben werden.

[0034] Entsprechend sind auch hier wieder Schneidmittel aus geeigneten Schneidstoffen wie etwa HSS notwendig.

### c) Ausführungsbeispiele

[0035] Eine Ausführungsform gemäß der Erfindung ist im folgenden beispielhaft näher beschrieben. Es zeigen

[0036] Fig. 1a: eine erfindungsgemäße Maschine in Frontansicht,

[0037] Fig. 1b: eine andere erfindungsgemäße Maschine in Frontansicht,

[0038] Fig. 2a: die Maschine gemäß Fig. 1a in der Seitenansicht von links,

[0039] Fig. 2b: eine andere Bauform der Maschine in Seitenansicht,

[0040] Fig. 3a: den linken Spindelbereich der Maschine gemäß Fig. 1a in vergrößertem Teilschnitt,

[0041] Fig. 3b: den rechten Spindelbereich der Maschine gemäß Fig. 1a in vergrößertem Teilschnitt,

[0042] Fig. 4: Prinzipdarstellungen bei linksseitigem Antrieb des Werkstückes,

[0043] Fig. 5: Prinzipdarstellungen bei rechtsseitigem Antrieb des Werkstückes, und

[0044] Fig. 6: einen Schnitt entlang der Linie VI-VI der Fig. 1.

[0045] Fig. 1a zeigt eine Werkzeugmaschine, die ein Werkstück, beispielsweise die dargestellte Kurbelwelle 1, welche sowohl zentrische Flächen 2, z. B. Hauptlagerstellen, als auch exzentrische Flächen 3, beispielsweise Hublagerstellen, umfaßt, an den Endbereichen drehend antreibbar aufnimmt und bearbeitet.

[0046] Dabei sind die axialen Endbereich des Werkstückes in den Aufnahmevorrichtungen zweier gegeneinander gerichteter, miteinander fluchtender Spindeln 15, 16 aufgenommen. Als Aufnahmeeinrichtungen dienen sowohl Backenfutter 20 bzw. 21 als auch Zentrierspitzen 22, 23, die an jeder der Spindeln 15, 16 angeordnet sind.

[0047] Die Spindeln 15, 16 sind auf dem Bett 14 der Maschine angeordnet, ebenso wie die Werkzeugsupporte 12, 13, die jeweils eine Werkzeugeinheit tragen, welche um eine parallel zur Rotationsachse (Z-Achse) des Werkstückes par-

alle Achse (C2-Achse) drehend antreibbar ist.

[0048] Zusätzlich sind die Werkzeugsupporte 12, 13 in X-Richtung, also quer zur axialen Z-Richtung, definiert verfahrbar auf den jeweiligen, in Z-Richtung verfahrbaren, Z-Schlitten 26, 27. Die Z-Schlitten sind entlang der Z-Führungen 33 verfahrbar. Die Werkzeugeinheiten sind in der Regel scheibenförmige Werkzeuggrundkörper, wobei der Werkzeuggrundkörper 18 des einen Werkzeugsupportes 12 im äußeren Umfangsbereich mit Schneiden besetzt ist, die für ein werkstück-basiertes Verfahren einsetzbar sind, beispielsweise mit Drehschneiden oder Dreh-Drehräumschneiden. [0049] Entsprechend muß sich dieser Werkzeuggrundkörper 18 nicht unbedingt über volle 360° definiert verdrehen lassen, sondern es ist bereits das Verschwenken um geringere Winkelbereiche um die C2-Achse ausreichend. Die Einnahme einer definierten Drehlage des Werkzeuggrundkörpers 18 ist jedoch notwendig. Entsprechend ist dieser Werkzeuggrundkörper 18 bei der Bearbeitung einer zentrischen rotationssymmetrischen Fläche 2, nämlich einem Mittellager, dargestellt.

[0050] Im Gegensatz dazu ist der andere Werkzeuggrundkörper 19 mit Schneiden eines werkzeug-basierten Verfahrens, beispielsweise mit Fräschneiden, in seinem äußeren Umfangsbereich bestückt, die dementsprechend vorzugsweise über den gesamten Umfang des scheibenförmigen Grundkörpers 19 verteilt, insbesondere gleichmäßig verteilt, sind. Der Werkzeuggrundkörper 19 dieses werkzeugbasierten Verfahrens muß dementsprechend über mehr als 360°, insbesondere über eine beliebige Anzahl von Umdrehungen, drehend antreibbar sein.

[0051] Die Z-Führungen 33 sind so lang ausgebildet, daß beide Werkzeuggrundkörper 18, 19 jede Axialposition am Werkstück in Z-Richtung erreichen können, insbesondere auch die Endbereiche, nämlich den in Fig. 1a am rechten Ende der Kurbelwelle dargestellten Endzapfen 5 sowie den am linken Ende der Kurbelwelle 1 dargestellten Endflansch 6, der einen größeren Außendurchmesser als der Endzapfen 5 aufweist.

[0052] Wie insbesondere die vergrößerte Detaildarstellung des linken Aufnahmebereiches der Fig. 1a zeigt, ist die Kurbelwelle während der Bearbeitung vorzugsweise an beiden Enden in den jeweiligen Backenfuttern 20, 21, also mit Hilfe radial greifender Spannbacken 20a, 20b, ..., 21a, 21b, ... gehalten und drehend angetrieben.

[0053] Nur wenn die für das Ansetzen der Spannbacken notwendigen Umfangsbereiche sowie die stirnseitigen Endflächen der Kurbelwelle bearbeitet werden, wird auf der jeweiligen Seite die Spannung mittels Spannbacken gelöst, und die Kurbelwelle auf dieser Seite ausschließlich mittels einer Zentrierspitze 22, 23 in einer entsprechenden Zentrierbohrung der Kurbelwelle gehalten. Gleichzeitig sind die Spannbacken auf dieser Seite in Z-Richtung gegenüber der Zentrierspitze axial zurückgezogen, damit das betreffende Werkzeug an der Endfläche z. B. 5a oder der Umfangsfläche des Endflansches bzw. Endzapfens arbeiten kann.

[0054] Dabei ist vorzugsweise der gesamte Spindelstock, in dem eine der Spindeln, z. B. die Spindel 16, gelagert ist, in Z-Richtung gegenüber dem Bett 14 der Maschine definiert verfahrbar. Dies ermöglicht die Bearbeitung unterschiedlich langer Werkstücke, und erleichtert auch die Be- und Entladung der Maschine mit Werkstücken. Ob bei der axialen Relativbewegung der Backen eines Backenfutters gegenüber der an derselben Spindel angeordneten Zentrierspitze in Z-Richtung die Spannbacken gegenüber dem Backenfutter beweglich sind, oder die Zentrierspitze relativ zum Spannfutter bzw. zur Spindel, ist nicht entscheidend, wobei in der Praxis die Verlagerung der Zentrierspitze 22, 23 in Z-Richtung gegenüber dem zugeordneten Backenfutter und

der zugeordneten Spindel bevorzugt wird, wie beispielhaft in Fig. 3a, 3b getrennt für die linke und rechte Seite der Maschine dargestellt ist. Unerheblich ist ferner, ob bei Spannung im Backenfutter auf derselben Seite zusätzlich die Spannung durch die Zentrierspitze auf der gleichen Seite aufrechterhalten bleibt.

[0055] Fig. 1b zeigt eine Werkzeugmaschine, die sich von der Lösung gemäß Fig. 1a dadurch unterscheidet, daß der Werkzeugsupport 13 mit dem zugeordneten Werkzeuggrundkörper 19, welcher die Schneiden für das oder die werkzeuginstanzierten Verfahren trägt, fehlt.

[0056] Fig. 2a zeigt die Maschine gemäß Fig. 1a von der linken Seite her in einem Schnitt entlang der Linie IIa-IIa. Dabei ist zu erkennen, daß der die Spindel 16 tragende Spindelstock über der Wanne eines wannenförmigen Bettes 14 in Z-Richtung verfahrbar ruht. Der den Werkzeuggrundkörper 19 drehend antreibbar tragende Werkzeugsupport 13, der als X-Schlitten ausgebildet ist, ist seinerseits in X-Richtung verfahrbar auf einem Z-Schlitten geführt, wobei die X-Richtung dabei schräg abwärts gerichtet unter einem Winkel von 60–80° gegenüber der Horizontalen geneigt ist.

[0057] Auch die Führungsebene des Z-Schlittens 27 gegenüber dem Bett 14 ist nicht horizontal oder vertikal, sondern unter einem Winkel von etwa 40–50° gegenüber der Horizontalen geneigt.

[0058] Fig. 2b zeigt dagegen eine Bettkonstruktion mit einem Bett 14', welches bezüglich der Z-Richtung symmetrisch ausgebildet ist, also auf zwei gegenüberliegend schräg angeordneten Führungsflächen jeweils einen Z-Schlitten 26', 27' trägt, die jeweils wiederum einen in X1- bzw. X2-Richtung, welche V-förmig nach oben auseinanderstreben, verfahrbaren Werkzeugsupport 12', 13' mit entsprechenden Werkzeuggrundkörpern 18', 19' tragen.

[0059] Die Fig. 3a und 3b zeigen den linken und rechten Spindelstock der Maschine.

[0060] Dabei ist die jeweilige Spindel 15 bzw. 16 im nicht näher bezeichneten Spindelstock drehbar gelagert und axial fest positioniert. Auf dem vorderen Ende der Spindel und drehfest mit dieser verbunden sitzt das Backenfutter 20 bzw. 21 mit den Spannbacken 20a, ..., 21a, ...

[0061] Sowohl die Spindel 15 bzw. 16 als auch das Backenfutter 20 bzw. 21 sind im Zentrum in Z-Richtung durchgängig hohl ausgebildet, und in diesem Hohlraum ist die Zentrierspitze 22 bzw. 23 gelagert, die aus dem Backenfutter 20 bzw. 21 ebenfalls nach vorne vorstehend positioniert werden kann.

[0062] Die Zentrierspitze ist gegenüber Spindel und Backenfutter drehbar gelagert und in Axialposition verlagerbar.

[0063] Wie anhand der Fig. 4 und 5 noch zu erläutern sein wird, ist für die Bearbeitung unter Umständen eine Fixierbarkeit der Z-Position der Zentrierspitze 22, 23 trotz freier Drehbarkeit um die Z-Achse notwendig. In den Lösungen gemäß Fig. 3a, 3b ist dies gelöst mittels eines im Inneren der Spindel 15 in Z-Richtung verfahrbaren, insbesondere gegenüber dem Innendurchmesser der Spindel 15 mittels eines Gewindes verschraubbaren Zentrier-Anschlages 34 bzw. 35 gelöst, der über einen Hinterschnitt mit dem hinteren Ende der Zentrierspitze 22, 23 verbunden ist und damit die Zentrierspitze sowohl schieben als auch ziehen kann. Dabei muß eine relative Drehbarkeit zwischen der Zentrierspitze 22, 23 und dem Zentrieranschlag 34, 35 gegeben sein.

[0064] In Fig. 3a ist – ebenso wie in den Fig. 1 – das Werkstück, nämlich die Kurbelwelle 1, mit dem Endflansch 6 am linken Ende dargestellt, und dem Endzapfen 5 am rechten Ende.

[0065] Dabei ist die Kurbelwelle 1 auf der linken Seite gehalten, indem dort die Spannbacken 20a, 20b, ... des Backenfutters 20 am Außenumfang des Endflansches 6 anliegen



und diesen spannen, wobei die Zentrierspitze 22 zusätzlich in der entsprechenden Zentrierbohrung 36 eingreift. Auf der rechten Seite ist die Kurbelwelle dagegen ausschließlich mittels der in die Zentrierbohrung 37 eingreifenden Zentrierspitze 23 gehalten, die entsprechend gegenüber den zugeordneten Backen 21a, 21b, ... des Backenfutters 21 weiter vorsteht.

[0066] Auch hier ist die Z-Position der Zentrierspitze 23 – analog zur anderen Zentrierspitze 22 – mittels eines in der Axialposition fixierbaren Zentrier-Anschlages 35 fixiert, indem z. B. das Gewinde zwischen dem Zentrieranschlag 34/35 und der umgebenden Spindel 15, 16 selbsthemmend ausgebildet ist.

[0067] Die beiden Spindelseiten unterscheiden sich ferner grundlegend hinsichtlich der wechselseitigen Antriebe:

Die eine, beispielsweise linke, Spindel 15 ist mit hohen Drehzahlen mittels eines Motors M antreibbar, der am Spindelstock montiert ist und beispielsweise über einen Riemenantrieb und diesbezügliche Riemenscheiben 28, 29 die Spindel 15 drehend um die Z-Achse antreibt.

[0068] Die andere, z. B. rechte, Spindel 16 ist dagegen mittels eines weiteren, nicht dargestellten Motors über eine Zahnradpaarung langsam drehend antreibbar, indem das Schneckenrad 38 drehfest mit der Spindel 16 verbunden ist, während der nicht dargestellte Motor die Schnecke 39 antreibt. Dieser Antriebsstrang ist entkuppelbar, beispielsweise durch Außereingriffbringen von Schnecke 39 und Schneckenrad 38, oder mittels Auskuppeln einer nicht dargestellten Kupplung in diesem Antriebsstrang.

[0069] Die Fig. 4 und 5 zeigen typische Spannsituationen des Werkstückes, beispielsweise einer Kurbelwelle 1, bei Bearbeitung der unterschiedlichen Bereiche des Werkstückes.

[0070] Da die erfindungsgemäße Maschine/Verfahren nicht auf möglichst hohe Bearbeitungseffizienz, sondern auf vollständige Bearbeitung von zentrischen, exzentrischen und Stirnflächen auf derselben Maschine ausgelegt ist, sollen z. B. bei Kurbelwellen vorzugsweise auch die Endbereiche der Kurbelwelle mit bearbeitet werden, um eine Vorbearbeitung – ausgenommen das Einbringen von Zentrierbohrungen für die Zentrierspitzen – weitestgehend zu vermeiden. In diesem Fall werden bevorzugt die Umfangsflächen des Endflansches 6 und der Endzapfen 5, auf denen die Spannbacken der Backenfutter angreifen sollen, als erstes bearbeitet, und – falls notwendig und gewünscht – auch die jeweilige stirnseitige Endfläche 5a bzw. 6a.

[0071] Bei der Bearbeitung der Endbereiche eines Werkstückes wird der zu bearbeitende Endbereich vorzugsweise ausschließlich mittels Zentrierspitze gehalten, während der Antrieb von dem anderen Ende des Werkstückes her über die dortige Spinde erfolgt, um die Zugänglichkeit für das entsprechende Werkzeug im Endbereich überhaupt zu ermöglichen.

[0072] Die Fig. 4a–4d zeigen Situationen, bei denen die Kurbelwelle am linken Ende mittels der Backen 20a, 20b, ... des Backenfutters 20 am Umfang des linken Endbereiches, also z. B. des dortigen Endflansches 6, geklemmt und drehend angetrieben wird. Bei der Lösung gemäß Fig. 3a, 3b sei dies die schnell antreibbare Spindel 15.

[0073] Dabei muß die freie Drehbarkeit des anderen, rechten Endes, des Werkstückes gegeben sein, da mittels des auf der rechten Seite vorhandenen langsamen Drehantriebes der rechten Spindel 16 ein synchroner Antrieb mit ebenfalls hoher Drehzahl nicht möglich ist.

[0074] Dies wird erreicht, indem – wie in den Fig. 4a–4d dargestellt – das rechte Ende des Werkstückes gehalten wird, indem nur die rechte Zentrierspitze 23 in der entsprechenden rechten Zentrierbohrung 37 des Werkstückes sitzt,

und die rechte Zentrierspindel 23 gegenüber der rechten Werkstückspindel 16 und dem rechten Antriebsstrang frei drehbar ist.

[0075] Die andere Möglichkeit besteht darin, das rechte, also dem langsamen Spindeltrieb zugewandte, Ende der Kurbelwelle zwar im dortigen Backenfutter zu spannen, dem Antriebsstrang des rechten Spannfutters jedoch zu entkoppeln, beispielsweise durch Ausrücken der Schnecke 39 aus dem Schneckenrad 38 des Antriebsstranges, wie in Fig. 4e dargestellt.

[0076] Durch die Spannungen gemäß der Fig. 4 kann das Werkstück mit hoher Drehzahl angetrieben werden und damit am Werkstück alle zentrischen Bearbeitungsflächen mittels eines werkstückseitigen Bearbeitungsverfahrens wie etwa Drehen, Drehräumen oder Dreh-Drehräumen, bearbeitet werden. Darunter fallen auch der auf der rechten Seite angeordnete Endzapfen 5 und dessen Endfläche 5a, die bis nahe bis an die im Eingriff befindliche rechte Zentrierspitze 23 heran bearbeitet werden kann.

[0077] Dabei muß sich das Werkstück auch in einer definierten Z-Position befinden.

[0078] Gemäß Fig. 4a kann zu diesem Zweck die rechte Zentrierspitze zusammen mit dem Werkstück soweit nach links geschoben werden, bis die rechte Zentrierspitze 23 einen Zentrier-Anschlag 35' erreicht, beispielsweise in Form des in den Fig. 3 dargestellten Zentrieranschlages 35. In diesem Fall muß die von rechts nach links wirkende Kraft F2, mit welcher die rechte Zentrierspitze 23 beaufschlagt wird, größer sein als die entgegengerichtete Kraft F1, mit der die linke Zentrierspitze 22 beaufschlagt wird.

[0079] Gleiches gilt auch im Fall der Fig. 4d, wobei dort jedoch im Bereich des linken Spannfutters ein Werkstückanschlag 45' vorhanden ist, durch den das Werkstück mit der linken Endfläche 6a gegen diesen Werkstückanschlag 45' gedrückt wird.

[0080] Ist dagegen die Kraft F1, mit der die linke Zentrierspitze 22 beaufschlagt wird, größer als die von rechts nach links wirkende Kraft der rechten Zentrierspitze 23, so muß gemäß Fig. 4b ein rechtzeitiger Werkstückanschlag 44' im Bereich der rechten Spindel 16 vorhanden sein. Dabei muß gleichzeitig die rechte Zentrierspitze 23 axial fest in der rechten Zentrierbohrung 37 des Werkstückes verbleiben, also die Z-Position der rechten Zentrierspitze 23 fixierbar sein, ohne die Drehbarkeit der Zentrierspitze zu behindern.

[0081] Fig. 4c unterscheidet sich von der Lösung gemäß Fig. 4b dadurch, daß – bei gleicher Relation von linker zu rechter Kraft der beiden Zentrierspitzen – die linke Zentrierspitze, die mit der höheren Kraft beaufschlagt ist, gegen einen längsseitigen Zentrieranschlag 34' drückt. Auch dies muß – wie bei der Lösung gemäß Fig. 4b – geschehen, bevor die Backen 20a, 20b des linken Backenfutters 20 geschlossen werden.

[0082] Fig. 5 zeigt dagegen den Antrieb der Kurbelwelle von der rechten Seite, also über den langsamen Antriebsstrang. Daher ist in den Fig. 5 das rechte Ende, beispielsweise der Endzapfen 5, der Kurbelwelle 1 am Umfang von den Backen 21a, 21b des rechten Backenfutters 21 gespannt, welches von der zugeordneten Spindel 16 langsam drehend antreibbar ist.

[0083] Bei dieser Antriebsart werden die exzentrischen Flächen, Mantelflächen ebenso wie Stirnflächen, des Werkstückes bearbeitet mittels eines werkzeug-basierten Verfahrens, wobei das Werkzeug in X-Richtung nachgeführt werden muß, wie anhand der Fig. 6 zu erläutern. Dabei ist das gegenüberliegende linke Ende des Werkstückes – gemäß Fig. 5a und 5b – ebenfalls zwischen den Backen 20a, 20b, ... des dortigen Backenfutters 20 aufgenommen, da der auf der linken Seite vorhandene Antriebsstrang nicht selbsthem-

mend ist und vom rechten Antriebsstrang aus unter Vermittlung des Werkstückes leer durchdrehend mit angetrieben wird. Dies führt keineswegs zu einer unerwünschten Torsion des Werkstückes, sondern der mit dem Werkstück verbundene linksseitige, leer mitlaufende, Antriebsstrang dient vielmehr der dynamischen Dämpfung des Werkstückes während der Bearbeitung. Dies ist vorteilhaft, da die hier zum Einsatz kommenden werkzeugbasierten Verfahren wie etwa das fräsen wegen des unterbrochenen Schnittes eine stärkere dynamische Belastung auf das Werkstück bringen als die werkzeugbasierten Verfahren.

[0084] Zusätzlich kann auf der linken Seite die linke Zentrierspitze 22 im Eingriff am Werkstück bleiben.

[0085] Auch die Aufnahme der linken Seite des Werkstückes ausschließlich mittels der linksseitigen Zentrierspitze 22 ist möglich.

[0086] Um auch hier das Werkstück in einer definierten Z-Position zu halten, kann entweder (Fig. 5a) die rechte Zentrierspitze 23 gegen einen rechtsseitigen Zentrieranschlag 35' gefahren werden, wobei dann – analog zur Fig. 4a – die mittels der rechten Zentrierspitze von rechts nach links in das Werkstück einwirkende Kraft F2 größer als die entgegengesetzt wirkende Kraft der linken Zentrierspitze F1 bzw. des linken Futters sein muß.

[0087] Die andere Möglichkeit besteht gemäß Fig. 5b darin, die von links nach rechts mittels der linken Zentrierspitze 22 bzw. des linken Backenfutters 20 in Z-Richtung auf die Kurbelwelle wirkende Kraft F1 größer zu wählen als die entgegengerichtete Kraft F2 und das Werkstück dadurch gegen einen rechtsseitigen Werkstückanschlag 44' zu drücken.

[0088] Dabei kann – gemäß Fig. 5c – das Werkstück links auch nur von der Zentrierspitze gehalten sein, so daß die Backen des Futters dort von dem Werkstück abgehoben sind.

[0089] Fig. 6 zeigt die Bearbeitung eines Hublagers H1 der Kurbelwelle, die auf dem Mittellager ML gespannt und drehend angetrieben wird. Daraus ist ersichtlich, daß bei Drehung der Kurbelwelle um die Z-Richtung die Verlagerung des zu bearbeitenden Hublagerzapfens H1 in X-Richtung ausgeglichen werden muß durch entsprechende Nachführung des bearbeitenden Werkzeuges, beispielsweise des rotierenden Werkzeuggrundkörpers 18, im gleichen Maß in analoger Richtung. Daraus wird ferner klar, daß der Durchmesser der Werkzeuggrundkörper groß genug gewählt sein muß, um bei der am weitesten entfernten Position einer solchen exzentrischen Werkstückfläche von der Rotationsachse C2 des Werkzeuggrundkörpers noch eine Bearbeitung sicherzustellen.

[0090] Fig. 6 zeigt ferner die Aufnahme des Endzapfens 5 zwischen den Backen 21a, 21b, 21c des Backenfutters 21, sowie die Fixierung der Drehlage der Kurbelwelle gegenüber dem Backenfutter, indem ein Stößel 31 außermittig und quer zur Z-Richtung gegen einen der anderen Hublagerzapfen, z. B. H3, drückt, um diesen gegen einen Drehlagenanschlag 32 zu drücken, wobei Drehlagenanschlag 32 und Stößel 31 mit dem Futter bzw. der Spindel drehfest verbunden sind.

#### BEZUGSZEICHENLISTE

- 1 Kurbelwelle
- 2 zentrische Fläche
- 3 exzentrische Fläche
- 4 Wangenfläche
- 5 Endzapfen
- 5a Endfläche
- 6 Endflansch

- 6a Endfläche
- 7 Hublager
- 8 Hauptlager
- 10 Z-Richtung (Axialrichtung)
- 11 Maschine
- 12 Werkzeug-Support
- 13 Werkzeug-Support
- 14 Bett
- 15 Spindeln
- 16 Spindeln
- 17 Motor
- 18 Werkzeug-Grundkörper
- 19 Werkzeug-Grundkörper
- 20 Backen-Futter
- 20a, 20b Backe
- 21 Backe
- 22 Zentrierspitze
- 23 Zentrierspitze
- 24 Längsanschlag
- 25 Längsanschlag
- 26 Z-Schlitten
- 27 Z-Schlitten
- 28 Riemenscheibe
- 29 Riemenscheibe
- 30 Endstück
- 31 Stößel
- 32 Drehlagen-Anschlag
- 33 Z-Führungen
- 34 Zentrier-Anschlag
- 35 Zentrier Anschlag
- 36 Zentrierbohrung
- 37 Zentrierbohrung
- 38 Schneckenrad
- 39 Schnecke
- 44' Werkstück-Anschlag
- 45' Werkstück-Anschlag

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Bearbeiten sowohl der zentrischen (2) als auch der exzentrischen, rotationssymmetrischen Flächen (3) von Werkstücken, insbesondere Kurbelwellen (1), durch mechanischen Materialabtrag in ein- und derselben Maschine (11), **dadurch gekennzeichnet**, dass das Werkstück bei allen Bearbeitungsschritten auf der zentrischen Achse gespannt ist und drehend antreibbar ist
- die zentrischen rotationssymmetrischen Flächen (2) durch werkstückbasierte Verfahren bearbeitet werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass bei Bearbeitung der exzentrischen, rotationssymmetrischen Flächen (3) die Bearbeitung durch werkzeug-basierte Verfahren erfolgt.
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die exzentrischen, rotationssymmetrischen Werkstückflächen (3) bearbeitet werden mittels werkstückbasierter Verfahren, aber bei um mindestens den Faktor 10 niedrigeren Drehzahlen des Werkstückes als bei Einsatz werkzeug-basierter Verfahren.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Werkstück von dem einen Ende her mit hohen Drehzahlen antreibbar ist und vom anderen Ende her mit niedrigen Drehzahlen und Einhaltung definierter Drehlagen antreibbar ist.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass auch die Endzapfen

des Werkstückes bearbeitet werden.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Bearbeitung der Endstücke das eine Endstück bei hoher Drehzahl des Werkstückes und mittels eines werkstück-basierten Verfahrens geschieht und das andere Endstück bei um wenigstens den Faktor 10 niedrigerer Drehzahl des Werkstückes mittels Antrieb von der mit niedriger Drehzahl her antreibbaren Ende des Werkstückes geschieht.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das eine Endstück ein Endzapfen und das andere Endstück ein Endflansch mit gegenüber dem Endzapfen wesentlich größerem Außendurchmesser, insbesondere bei einer Kurbelwelle (1) als Werkstück, ist und das Werkstück von der Seite, insbesondere dem Endflansch (6) her, mit hoher Drehzahl antreibbar ist.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Bearbeitung der Endstücke möglichst früh, insbesondere vor den anderen zentrischen rotationssymmetrischen Flächen, erfolgt und ab der Bearbeitung der Endstücke die Umfangsfläche wenigstens eines der Endstücke zum Spannen und/oder Antreiben, insbesondere mittels Backenfuttern, benutzt wird.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die exzentrischen rotationssymmetrischen Flächen (3), insbesondere die Hublager (7) einer Kurbelwelle (1) vor den zentrischen rotationssymmetrischen Flächen (2) – ausgenommen die Endbereiche –, insbesondere den Hauptlagern (8) einer Kurbelwelle 1, durchgeführt wird.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die hohen Drehzahlen des Werkstückes während der Bearbeitung Drehzahlen von 40 U/min bis 1.600 U/min, insbesondere von 200 U/min bis 800 U/min, sind und niedrige Drehzahlen des Werkstückes von 0 U/min bis 40 U/min, insbesondere von 20 U/min bis 40 U/min, sind.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das hohe Antriebs-Drehmoment für das Werkstück während der Bearbeitung Antriebs-Drehmomente von  $600 \text{ N} \times \text{m}$  bis  $3.000 \text{ N} \times \text{m}$ , insbesondere von  $2.000 \text{ N} \times \text{m}$  bis  $2.500 \text{ N} \times \text{m}$ , sind und das niedrige Antriebs-Drehmoment für das Werkstück Antriebs-Drehmomente von  $200 \text{ N} \times \text{m}$  bis  $600 \text{ N} \times \text{m}$ , insbesondere von  $300 \text{ N} \times \text{m}$  bis  $550 \text{ N} \times \text{m}$ .

12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Schnittgeschwindigkeiten im Bereich von 150 m/s bis 700 m/s, insbesondere von 180 m/s bis 250 m/s liegen.

13. Maschine (11) zum Bearbeiten sowohl der zentrischen (2) als auch der exzentrischen, rotationssymmetrischen Flächen (3) von Werkstücken, insbesondere Kurbelwellen (1), durch mechanischen Materialabtrag mit einem Bett (14),

zwei gegeneinander gerichteten, drehend antreibbaren Spindeln (15, 16) zur Aufnahme und Antrieb der Enden des Werkstückes, insbesondere einer Kurbelwelle (1), um die Längsrichtung (10), die Z-Achse, wenigstens einem Werkzeug-Support (12, 13), der wenigstens in X-Richtung definiert verfahrbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass

die eine Spindel (15) mit hoher Drehzahl antreibbar ist

und die andere Spindel (16) mit niedriger Drehzahl antreibbar ist und in der Lage ist, definierte Drehlagen anzufahren (C1-Achse) und

wenigstens eine der Spindeln (15, 16) über eine Drehlagen-Richtvorrichtung für das Werkstück verfügt.

14. Maschine nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass der Werkzeug-Support (12, 13) zusätzlich zur Verfahrbarkeit in X-Richtung entweder über eine Verfahrbarkeit in Y-Richtung oder über eine Schwenkmöglichkeit um die Z-Richtung (C2-Achse) besitzt.

15. Maschine nach einem der vorhergehenden Vorrichtungsansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Drehantrieb der langsameren Spindel (16) ein selbsthemmender Drehantrieb ist, und insbesondere über eine Schnecken/Schneckenrad-Paarung verfügt.

16. Maschine nach einem der vorhergehenden Vorrichtungsansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Maschine (2) Werkzeug-Supporte (12, 13) aufweist, von denen der eine ein Werkzeug für werkstück-basierte Bearbeitungsverfahren, insbesondere ein Drehwerkzeug, ein Räumwerkzeug, ein Drehräumwerkzeug, ein Dreh-Drehräumwerkzeug oder ein Finish-Werkzeug, trägt, und der andere wenigstens ein Werkzeug für ein werkzeug-basiertes Bearbeitungsverfahren, insbesondere einen Orthogonalfräser oder einen außenverzahnten Fräser.

17. Maschine nach einem der vorhergehenden Vorrichtungsansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Antriebe der Spindeln (15, 16) abkuppelbar sind.

18. Maschine nach einem der vorhergehenden Vorrichtungsansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Spindeln (15, 16) vom gleichen Motor (17) aus angetrieben werden.

19. Maschine nach einem der vorhergehenden Vorrichtungsansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Werkzeuge auf wenigstens einem scheibenförmigen Werkzeug-Grundkörper (18, 19) am Außenumfang angeordnet sind, und insbesondere die Werkzeuge für werkzeug-basierte Verfahren über den gesamten Umfang des Grundkörpers (18, 19) verteilt angeordnet sind.

20. Maschine nach einem der vorhergehenden Vorrichtungsansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Maschine mit Werkzeugen unterschiedlicher Materialien, insbesondere Materialien, die für hohe Schnittgeschwindigkeiten, insbesondere oberhalb 180 m/s einerseits und niedrige Schnittgeschwindigkeiten, insbesondere maximal 180 m/s andererseits, bestückt ist, insbesondere mit Hartmetall oder keramischen Schneidstoffen einerseits und Schnellarbeitsstahl (HSS), also Stahlwerkzeugen, andererseits.

21. Maschine nach einem der vorhergehenden Vorrichtungsansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Maschine nur über einen einzigen Werkzeug-Support (12) verfügt, auf dem Werkzeuge für hohe Schnittgeschwindigkeiten und Werkzeuge für niedrige Schnittgeschwindigkeiten angeordnet sind, die jedoch alle samt Werkzeuge für werkstück-basierte Bearbeitungsverfahren sind.

22. Maschine nach einem der vorhergehenden Vorrichtungsansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine der Spindeln, insbesondere beide Spindeln (15, 16) einerseits mit einem am Außenumfang spannenden Futter, insbesondere einem Backenfutter (20) bzw. (21) und andererseits mit einer Zentrierspitze (22) bzw. (23), insbesondere einer relativ zum Futter in Z-Richtung beweglichen, Zentrierspitze verfügt.

23. Maschine nach einem der vorhergehenden Vor-  
richtungsansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die  
Zentrierspitze (22, 23) freilaufend drehbar gelagert ist.

24. Maschine nach einem der vorhergehenden Vor-  
richtungsansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die  
Zentrierspitze (22, 3) in definierter Z-Position bezüg-  
lich des Backenfutters axial fixierbar ist. 5

25. Maschine nach einem der vorhergehenden Vor-  
richtungsansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass we-  
nigstens eine, insbesondere beide Spindeln (15, 16) 10  
über einen Längsanschlag (24) bzw. (25) entweder für  
die Z-Position der Zentrierspitze (22, 23) gegenüber  
dem Backenfutter (20, 21) oder gegenüber der Spindel  
(15, 16) verfügt oder über einen Längsanschlag für das  
Werkstück bezüglich des Backenfutters (20, 21). 15

26. Maschine nach einem der vorhergehenden Vor-  
richtungsansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die  
Axialkräfte, mit denen die Zentrierspitzen (22, 23) be-  
aufschlagbar sind, einstellbar sind, insbesondere hin-  
sichtlich der Tatsache, ob die jeweilige Axialkraft grö-  
ßer oder kleiner als die Axialkraft der Beaufschlagung  
der anderen Zentrierspitze, z. B. (23), ist. 20

---

Hierzu 7 Seite(n) Zeichnungen

---

25

30

35

40

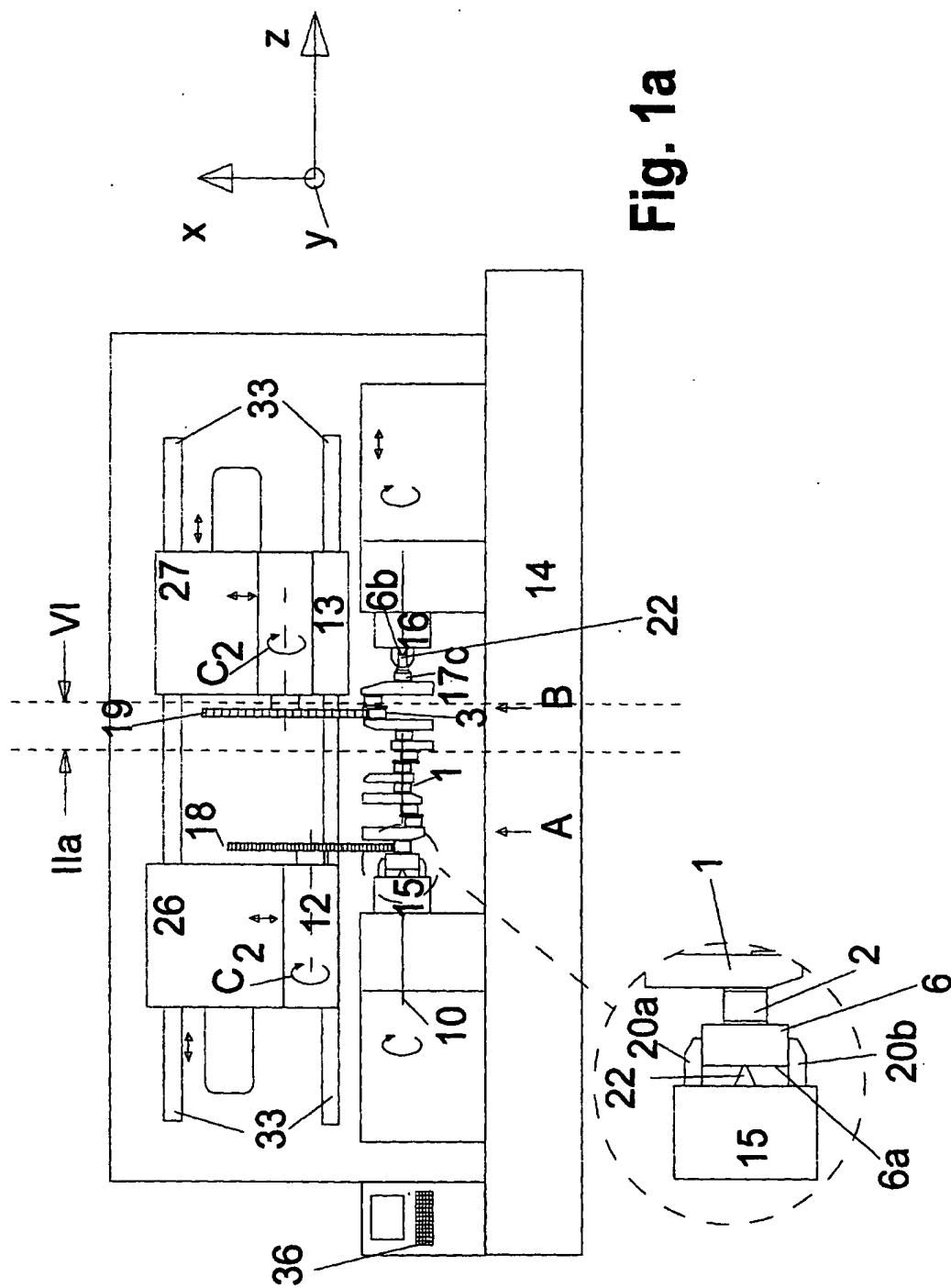
45

50

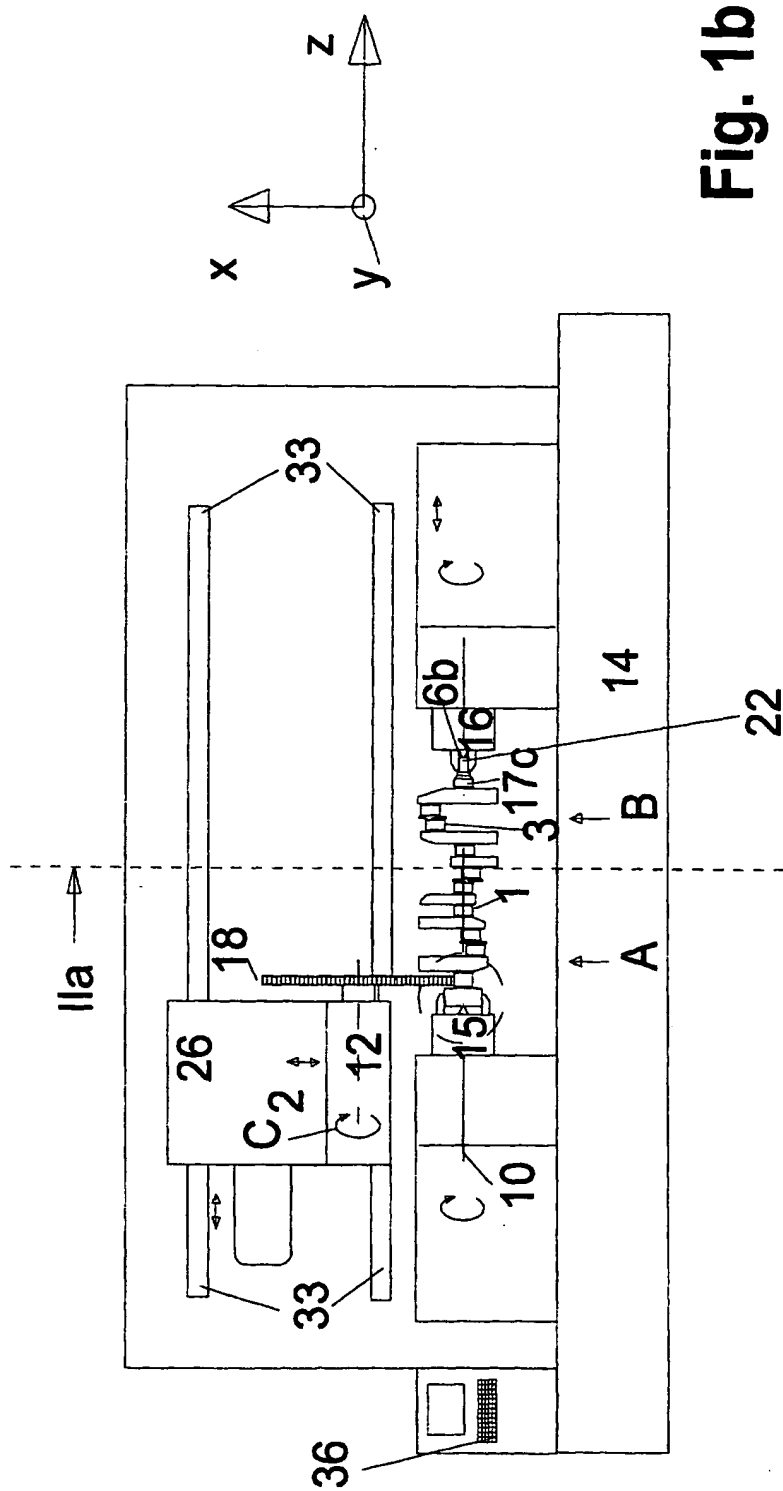
55

60

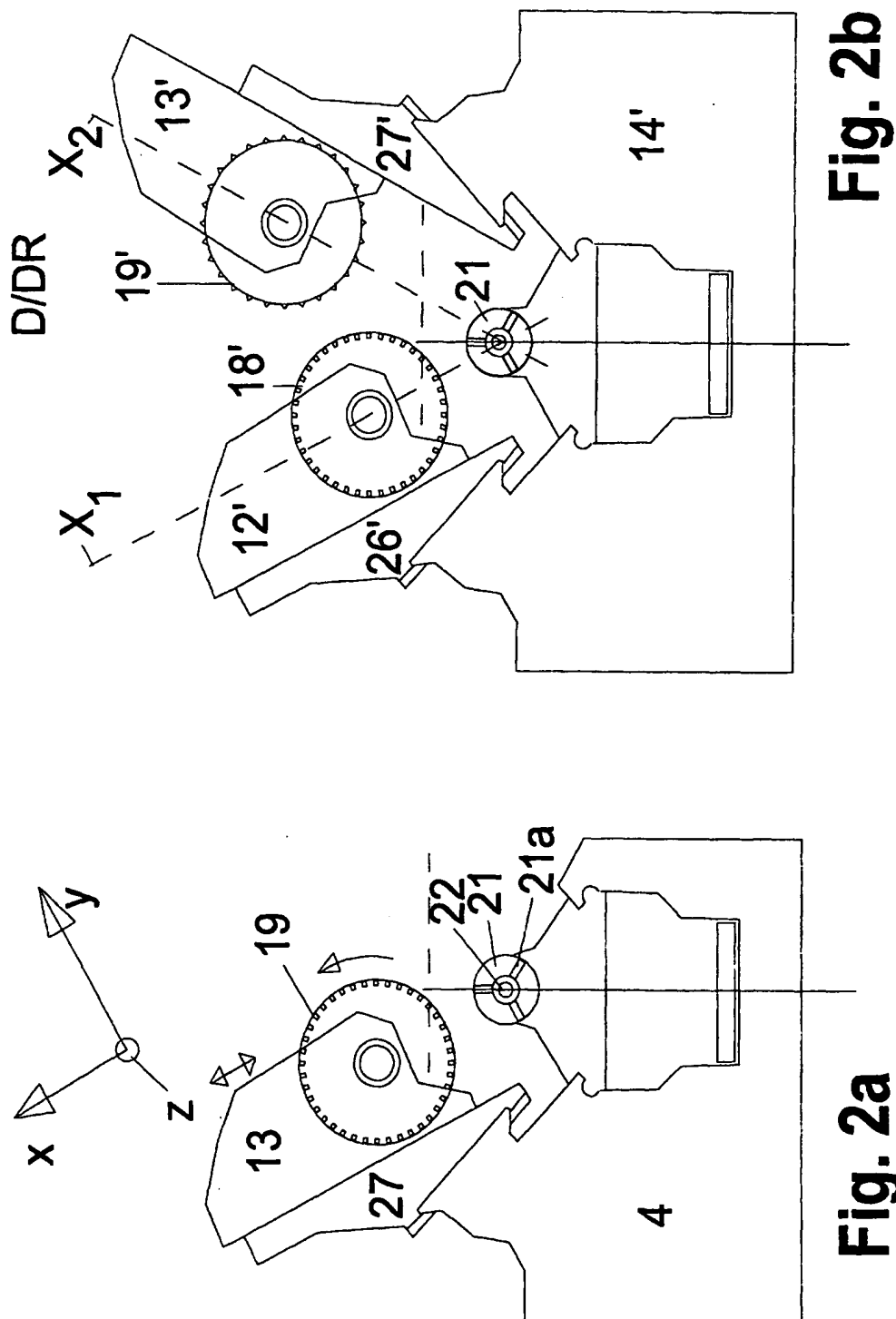
65



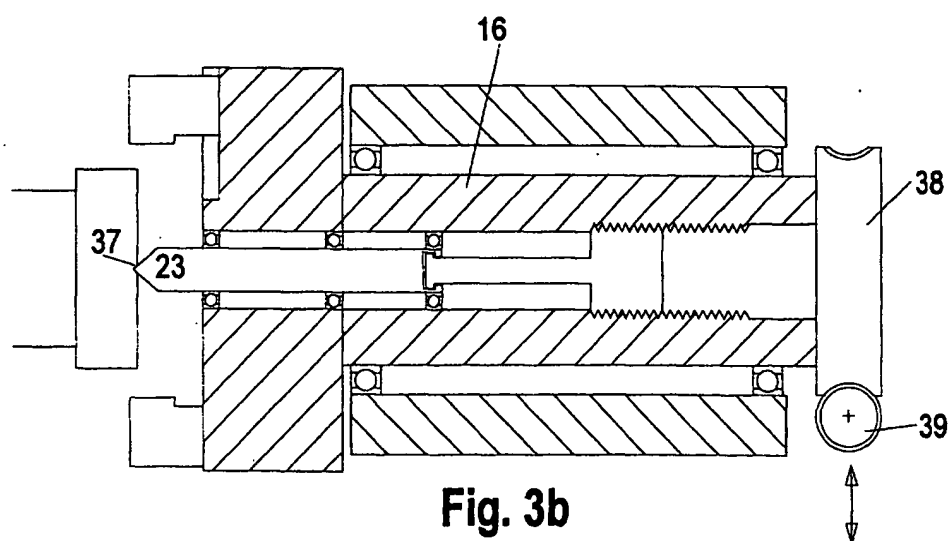
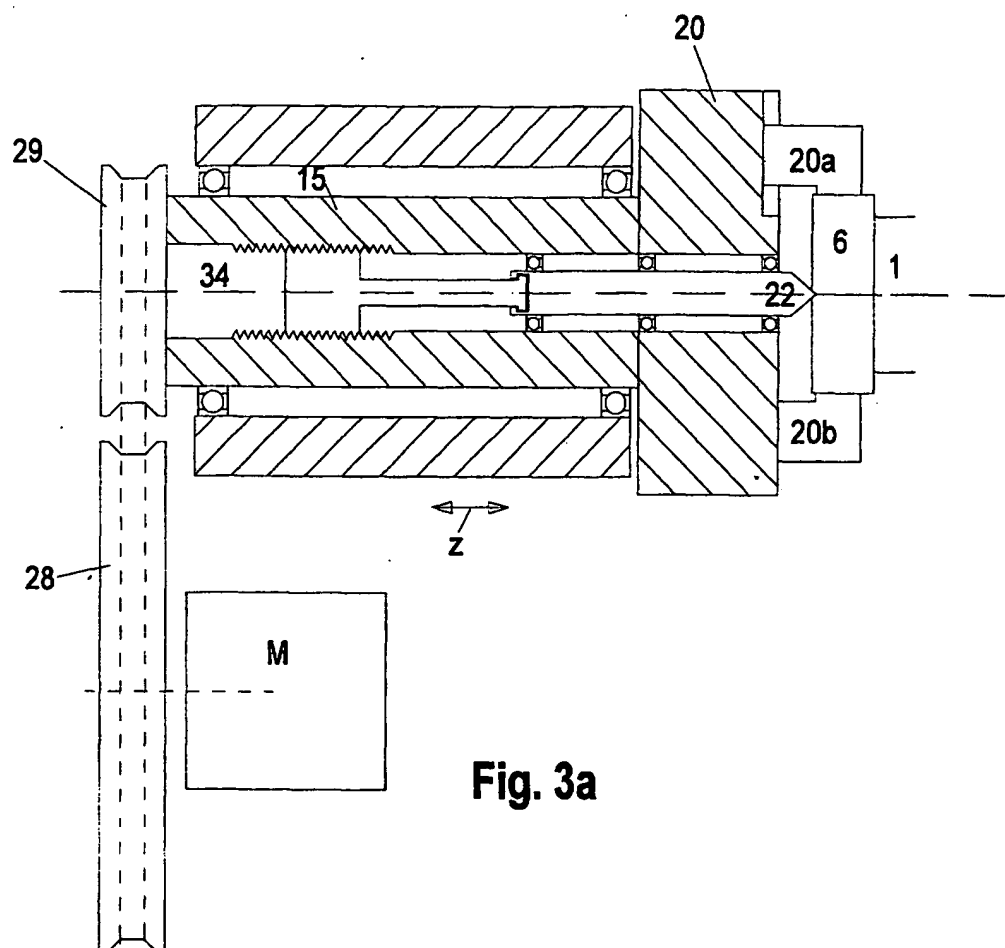
**Fig. 1a**

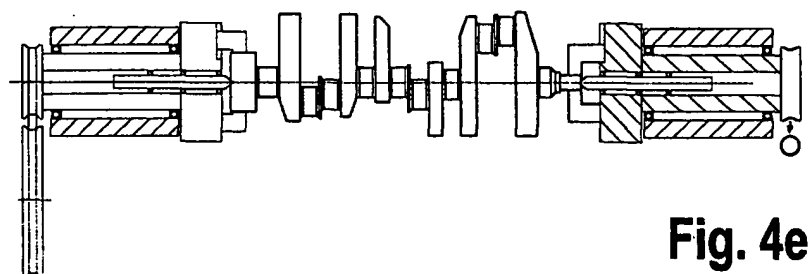
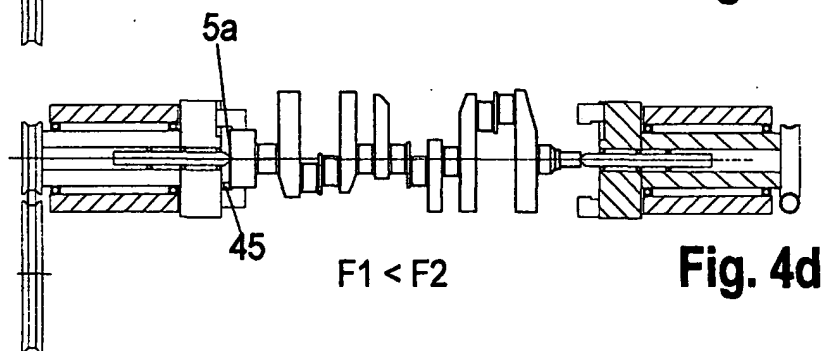
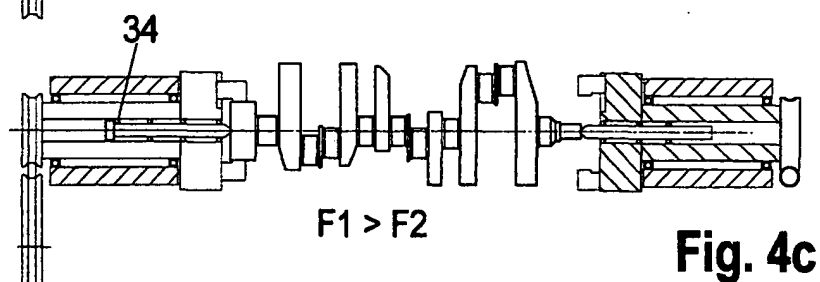
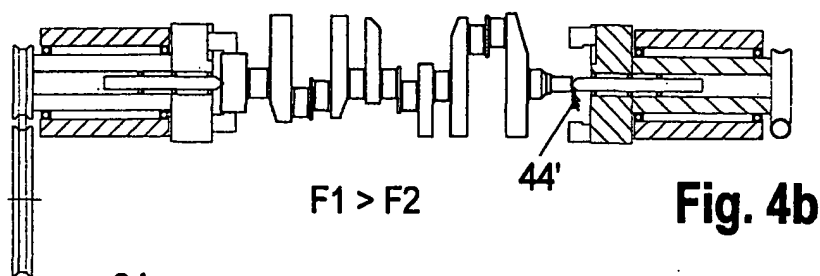
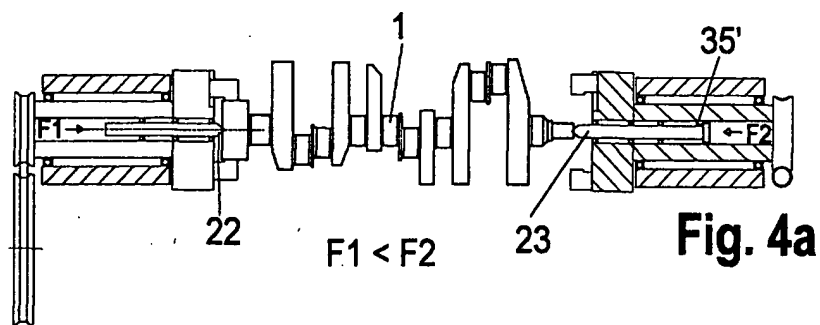


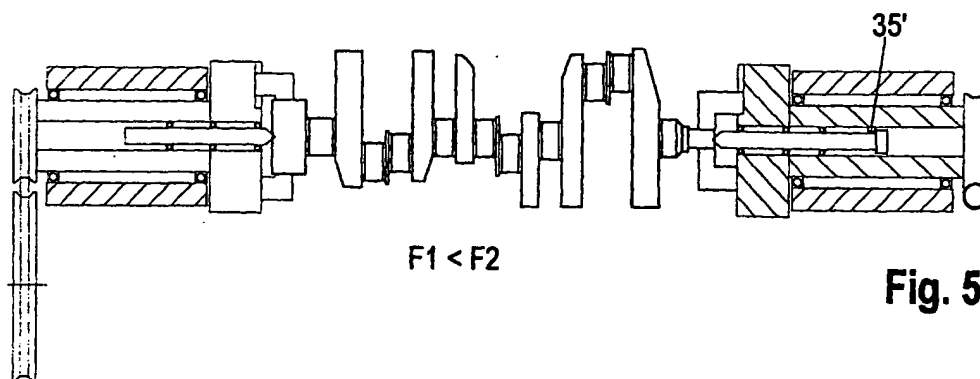
**Fig. 1b**



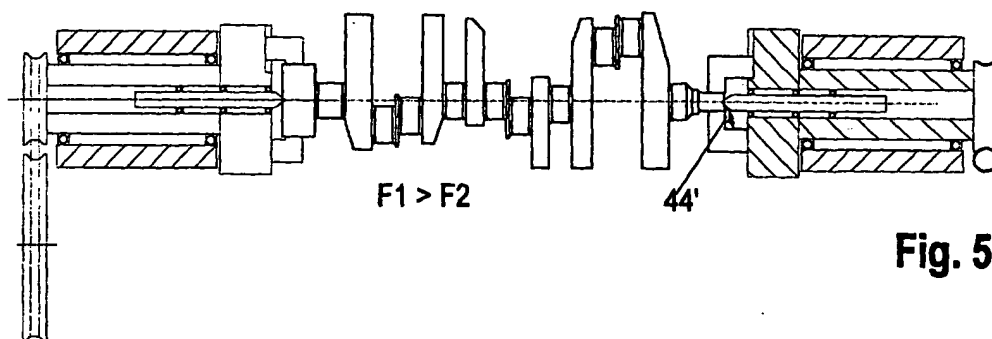




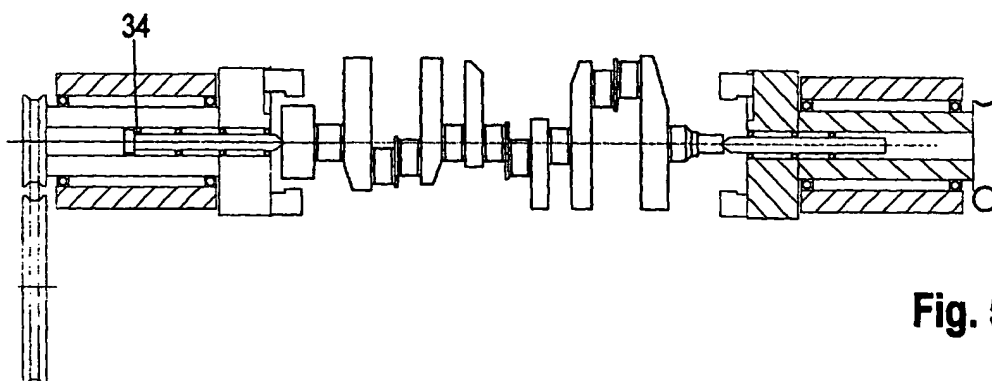




**Fig. 5a**



**Fig. 5b**



**Fig. 5c**

